



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Establecimiento de acciones de mejora para incrementar la biodiversidad vegetal y mejorar las propiedades del suelo en una viña

Autor/es

JORDI FRANCÉS DOMÉNECH

Director/es

VICENTE SANTIAGO MARCO MANCEBÓN

Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Titulación

Grado en Enología

Departamento

AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Curso académico

2018-19



Establecimiento de acciones de mejora para incrementar la biodiversidad vegetal y mejorar las propiedades del suelo en una viña, de JORDI FRANCÉS DOMÉNECH

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Facultad de Ciencia y Tecnología

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN ENOLOGÍA

ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES DE MEJORA PARA
INCREMENTAR LA BIODIVERSIDAD VEGETAL Y LAS
PROPIEDADES DEL SUELO DE UNA VIÑA

(ESTABLISHMENT OF IMPROVEMENT ACTIONS TO
INCREASE VEGETAL BIODIVERSITY AND SOIL PROPERTIES IN
A VINEYARD)

REALIZADO POR:

JORDI FRANCÉS DOMÉNECH

TUTELADO POR:

VICENTE S. MARCO MANCEBÓN

LOGROÑO, JULIO, 2019

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
INCREMENTO FERTILIDAD FÍSICA Y BIOLÓGICA DEL SUELO	5
EL SUELO.....	5
SUELO COMO SISTEMA DE TRES FASES	6
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	7
TEXTURA.....	8
ESTRUCTURA	10
RELACIONES ENTRE EL SUELO Y EL CLIMA	11
PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	12
MATERIA ORGÁNICA FRESCA.....	13
MATERIA ORGÁNICA HUMIFICADA.....	14
FUNCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y CALIDAD DEL SUELO	14
LA MATERIA ORGÁNICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	14
LA MATERIA ORGÁNICA Y LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	15
INCREMENTO ENEMIGOS NATURALES	15
BIODIVERSIDAD Y CONTROL BIOLÓGICO POR CONSERVACIÓN	16
REDUCCIÓN FATIGA DEL SUELO: BIOFUMIGACIÓN	18
BIOFUMIGACIÓN.....	19
MOTIVACIONES PARA SU USO	20
¿EN QUÉ CONSISTE?.....	21
TIPOS DE BIOFUMIGACIONES.....	22
MANEJO TÉCNICO	23
MOMENTO Y PERIODICIDAD DE APLICACIÓN.....	25
REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN	25
OBJETIVOS	28
MATERIALES Y MÉTODOS	29
SITUACIÓN ACTUAL: DENOMINACIÓN DE ORIGEN JUMILLA.....	29
ZONA DE PRODUCCIÓN.....	29

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA D.O JUMILLA.....	29
CASA CASTILLO	34
DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES DE MEJORA ELEGIDAS PARA LA FINCA	35
TODO EL AGROECOSISTEMA: CUBIERTAS VEGETALES.....	35
PARCELA 1: VEGETACIÓN DE LOS BORDES.....	37
PARCELA 2: MURETES DE PIEDRA	40
PARCELAS 3 Y 4: MANEJO ZONAS NO PRODUCTIVAS	42
TODO EL AGROECOSISTEMA: CONFUSIÓN SEXUAL	44
PARCELAS 3 Y 4: BIOFUMIGACIÓN	45
TODO EL AGROECOSISTEMA: ENMIENDA ORGÁNICA	46
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA	50

RESUMEN

La biodiversidad en un agroecosistema es fundamental para el manejo de una zona de producción agraria.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado fue el establecimiento de recomendaciones de mejora para aumentar los niveles de biodiversidad y mejorar las propiedades del suelo.

Este trabajo se ha basado en un paraje situado en Jumilla, denominado Casa Castillo, como objeto de recomendaciones.

Gracias a las técnicas de aumento de biodiversidad podemos establecer un vínculo de conexión entre el cultivo y el ecosistema, cerrando un ciclo de relaciones tróficas. Este aumento en la biodiversidad del agroecosistema conlleva ciertas mejoras, tanto a nivel de regulación de producción del cultivo, como a nivel de usos y características de suelo. Obteniendo así entradas y salidas de materia y energía en el agroecosistema de manera equitativa.

La ubicación estratégica del paraje, y su gran extensión, facilita que puedan llevarse a cabo las técnicas de mejora de biodiversidad de la manera más eficiente posible. Así como su proximidad a la sierra, mejora las relaciones tróficas entre los individuos, facilitando así que sea un agroecosistema estable desde el punto de vista medioambiental, mejorando sus características.

ABSTRACT

The biodiversity in an agroecosystem is essential for the management of an agricultural production zone.

The main aim of this Final Degree Project is the establishment of improvement recommendations to increase biodiversity levels and improve soil properties.

This project is based in a site located in Jumilla, called Casa Castillo, as a recommendations object.

Thanks to the biodiversity increasing techniques, we can establish a connection between the crop and the ecosystem, closing thus a cycle of trophic relationships.

This biodiversity rise in the agroecosystem brings improvements both at regulation of crop production level and at uses and soil features level. Obtaining thus, energy inputs and outputs equitatively.

The strategic location of the place and its great extension, facilitate the fact that the biodiversity improvement techniques can be carried out in the most efficient way. Likewise, its proximity to the mountain range improves the trophic relations among the individuals, enabling thus to be a stable agroecosystem from the environmental point of view, improving its characteristics.

INTRODUCCIÓN

INCREMENTO FERTILIDAD FÍSICA Y BIOLÓGICA DEL SUELO

EL SUELO

El suelo, junto con el agua, ha sido y es uno de los recursos fundamentales para el desarrollo y manutención de la vida sobre la tierra. Aparte de ser la base para la producción de los alimentos requeridos por la creciente población mundial, el suelo es el componente principal de los ecosistemas, como soporte de una amplia y numerosa gama de seres vivos y como regulador del recurso agua. Por todo ello, cualquier alteración del suelo, ya sea por agentes naturales o con la intervención humana, puede afectar en sentido positivo o negativo, en forma temporal o permanente, sus funciones en relación a la producción vegetal y a la conservación de los ecosistemas. (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

Tanto para una protección efectiva del suelo frente a dichos factores de alteración y degradación de suelos, así como para el desarrollo, selección y aplicación de sistemas y prácticas de manejo de tierras que permitan mantener y mejorar la capacidad productiva de los suelos, sin alterar negativamente sus funciones como regulador del medio ambiente, es indispensable un conocimiento previo adecuado de los suelos y de sus funciones. Dicho conocimiento debe permitir identificar, evaluar y controlar los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan la capacidad, cambios y sostenibilidad de las funciones de los suelos, responsables de la producción de alimentos y fibras, de la cantidad y calidad de la suplencia de agua, y en general, de la calidad ambiental.

Entre las principales funciones de los suelos cabe destacar:

- Hacer posible la producción de biomasa: alimentos, forraje, fibras, biocombustibles, masas forestales, lo que se debe conseguir sin que el suelo pierda sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible)
- Mantener y mejorar la calidad de las aguas que lo atraviesan: al controlar el filtrado, los intercambios iónicos, el almacenamiento y posible transferencia a otro compartimento ambiental (filtro ambiental)
- Atenuar los contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental)
- Regular el ciclo hidrológico: al controlar la entrada de agua en el suelo (infiltración), el almacenamiento y la transferencia de agua.
- Transformar las sustancias que recibe (biorreactor): evolución de la materia orgánica
- Fijar gases de efecto invernadero: secuestro de carbono, al retener cantidades importantes de materia orgánica durante mucho tiempo.
- Regular el microclima, al absorber la radiación solar e intervenir en la evaporación.
- Constituir un hábitat biológico y reserva genética al ser un medio poroso en el que vive una gran cantidad de organismos y en el que se conserva un gran banco de semillas (reservas de la biodiversidad)
- Gran fuente de materias primas: arcilla, grava, arena, yeso, caliza, turba, aluminio, hierro, entre otros. (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

La morfología del suelo hace referencia a la constitución física de un perfil, que se manifiesta por la clase, espesor y disposición de los horizontes, por las formas observables a simple vista y con algunos ensayos cualitativos para realizar diagnósticos de campo. El estudio y descripción del suelo, se realiza horizonte a horizonte, por lo que el paso siguiente consistirá en la identificación de los distintos horizontes. El criterio más evidente se basa en las diferencias de color, a lo que cabe añadir las diferencias en la consistencia, en la textura, en la estructura, los elementos gruesos, modelo de distribución de las raíces, entre otras cosas. (Porta, 2005)

SUELO COMO SISTEMA DE TRES FASES

El suelo es un sistema abierto (con entradas y salidas de materia y energía), dinámico (varía con diferentes escalas de tiempo según la propiedad considerada) y, al ser un medio poroso, está constituido por tres fases que interactúan entre sí:

- Fase **sólida**: integrada por componentes inorgánicos (procedentes de la meteorización y de aportaciones; representa generalmente más del 95% de la masa de suelo seco); y componentes orgánicos (restos de plantas, fauna y microorganismos en distinto grado de descomposición). La organización de estos componentes crea un espacio de huecos, lo que es de especial relevancia para las funciones del suelo. La fase sólida inorgánica es relativamente estable a escala humana, mientras se mantengan las mismas condiciones ecológicas, mientras que la materia orgánica constituye un componente dinámico, muy afectado por el uso y manejo del suelo.
- Fase **líquida** (agua del suelo): ocupa total o parcialmente el espacio poroso. Está integrada por agua y sustancias en disolución o en suspensión. La cantidad de agua y su composición son muy variables, incluso a lo largo del día. La fase líquida es la que permite que haya reacciones químicas, transformaciones y translocaciones en el suelo y la que suministra agua y nutrientes que las plantas pueden absorber.
- Fase **gaseosa** (aire o atmósfera del suelo): los gases que la componen (oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, vapor de agua) se mueven por difusión al existir un gradiente de concentración entre dos puntos. La proporción de vapor de agua es más elevada en el suelo que en la atmósfera. La aireación del suelo es necesaria, ya que muchos procesos biológicos (respiración como más importante) consumen oxígeno y producen anhídrido carbónico. La fase gaseosa es la que proporciona oxígeno para que las raíces respiren. Cuando predominan condiciones de anoxia (falta de oxígeno) se produce la muerte de la mayoría de las plantas. La proporción de espacio poroso ocupada por la fase gaseosa y la descomposición de ésta resultan determinante para las reacciones y para los organismos que viven o tienen sus raíces en el suelo.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Tradicionalmente se ha venido prestando mucha más atención a las propiedades químicas que a las físicas al estudiar la fertilidad de un suelo. No hay más que echar un vistazo a la biblioteca, encontrando gran cantidad de información con respecto a la fertilidad química del suelo en comparación con la fertilidad física.

La persistencia de las propiedades físicas a lo largo del tiempo hace que condicionen más el comportamiento, funciones y usos de un suelo que las características químicas. Por lo general, éstas resultan mucho más fáciles de cambiar, que corregir defectos físicos. En caso de una degradación física (por ejemplo, la compactación), no resulta fácil mejorar el suelo.

Las propiedades físicas más importantes del suelo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Propiedades físicas

Tamaño de partículas	Granulometría o textura. Se establecen tres fracciones atendiendo al tamaño de las partículas: arena, limo y arcilla. Se expresa en porcentaje de cada fracción referido a la masa de tierra fina (fracción de tamaño menor a 2 mm)
Porosidad	Relación entre el volumen de huecos y el volumen total de la muestra inalterada. Se expresa en porcentaje.
Densidad aparente	Relación entre una masa de suelo seco y el volumen total que ocupa la muestra inalterada .
Densidad real	Relación entre la masa de suelo seco y el volumen de las partículas.
Superficie específica	Superficie de las partículas referida a la unidad de masa de partículas. A igual masa, las partículas esféricas son las que tienen una superficie específica más baja. Por el contrario, las partículas de minerales de arcilla, al ser laminares, son las que presentan una superficie específica más elevada. Está relacionada con muchas propiedades del suelo que derivan de las reacciones de superficie: capacidad de intercambio de cationes, retención y movimiento de productos químicos, capacidad de expansión-retracción y consistencia, entre otras. De ahí su importancia en aplicaciones agrícolas, industriales y ambientales.
Retención de agua	Almacenamiento de agua en un volumen de suelo.
Capacidad de retención de agua disponible para las plantas	Cantidad de agua que puede almacenar un determinado volumen (espesor) de suelo en un estado energético que la hace disponible para las plantas.
Infiltración	Proceso de entrada de agua en el suelo al atravesar su superficie.
Tasa o flujo de infiltración	Volumen de agua que entra por una determinada superficie de suelo por unidad de tiempo.
Permeabilidad	Facilidad con la que cualquier fluido pasa a través de una masa de suelo (un horizonte o un medio poroso en general) en respuesta de un gradiente de potencial hídrico.
Conductividad hidráulica saturada	Para suelos rígidos y saturados de agua, mide el efecto de la resistencia al flujo

FUENTE: Elaboración propia a base de (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

Hablamos de **textura** nos referimos a las múltiples combinaciones de porcentajes de arena, limo y arcilla que pueden darse. Se han agrupado en unas pocas clases texturales, 12 según los **criterios USDA**. Estos nos proporcionan información acerca del comportamiento esperable del suelo y se denominan: arenosa, franco-arenosa, franco-limosa, franca, etc. Para determinar la clase textural se utilizan diagramas, por lo general, triangulares (triángulos equiláteros).



FUENTE: (Foth, 1997)

La textura se estima en campo, mientras que la granulometría se analiza en laboratorio. A partir de estos datos y con ayuda del triángulo de texturas, se puede determinar la clase de texturas (USDA). (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

La **fracción arcilla** se caracteriza por:

- Superficie específica muy elevada ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) muy elevada.

- Comportamiento coloidal debido al pequeño tamaño de las partículas.
- Carga eléctrica debida a los minerales de arcilla que la integran.
- Da lugar a una porosidad muy elevada y muy fina. (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

Por todo ello, es la fracción más reactiva y más determinante en el comportamiento del suelo, tanto en las aplicaciones agrícolas (laboreo, suministro de agua y nutrientes a la planta) y medio ambiente (capacidad amortiguadora frente a perturbaciones repentinas, de pH, capacidad de actuar como filtro ambiental de contaminantes, sellado de vertederos), entre otros muchos aspectos.

El predominio de una fracción granulométrica determina el comportamiento del suelo en el sentido que se indica seguidamente a modo de síntesis:

Tabla 2: Fracciones granulométricas

FRACCIÓN PREDOMINANTE	INTERPRETACIÓN
Elementos gruesos	<p>Disminuyen la cohesión en horizontes muy arcillosos, lo que favorece la penetración de las raíces.</p> <p>Aumentan la permeabilidad.</p> <p>Si son porosos retienen humedad.</p> <p>Frena la erosión y pérdidas de agua por evaporación, si recubren el suelo.</p> <p>Liberan nutrientes al meteorizarse.</p> <p>Suelos pedregosos o gravosos si están en superficie.</p> <p>Menos almacenamiento de agua.</p> <p>Menos cantidad nutrientes asimilables.</p> <p>Efecto abrasivo para aperos y sembradoras.</p>
Arena gruesa	<p>Macroporosidad alta.</p> <p>Permeabilidad alta.</p> <p>Compacidad baja.</p> <p>Poca inercia térmica.</p> <p>Facilidad de laboreo.</p> <p>Energía de retención de humedad baja.</p> <p>Almacenamiento de nutrientes bajo.</p> <p>Capacidad de retención de agua disponible para las plantas baja.</p>
Arena fina	<p>Propiedades intermedias entre arena gruesa y limo.</p> <p>Minerales poco meteorizables.</p> <p>Riesgo de erosión eólica alto.</p>
Limo (franco-limoso)	<p>Fertilidad física deficiente.</p> <p>Riesgo de sellado y de encostramiento superficial.</p> <p>Velocidad de infiltración baja.</p> <p>Inestabilidad estructural alta.</p> <p>Permeabilidad de media a baja.</p> <p>Compacidad media.</p> <p>Erosionabilidad alta.</p> <p>Almacenamiento de nutrientes medio.</p>

Arcilla	Fertilidad química alta. Superficie específica muy alta. Capacidad de intercambio catiónico alta, dependiendo de la mineralogía de arcillas. Permeabilidad baja. Microporosidad alta. Compacidad alta. Dificultad de laboreo, debido a su elevada plasticidad (estado húmedo) o compacidad (en seco). Energía de retención humedad alta. Gran inercia térmica. Dificultad de penetración de las raíces.
----------------	--

FUENTE: Elaboración propia a base de (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

ESTRUCTURA

La **estructura** hace referencia a la organización de las partículas individuales de un horizonte de un suelo en unidades estructurales compuestas o agregados, relativamente estables, separadas entre ellas por planos de debilidad y que llevan asociado un espacio de huecos. Los distintos horizontes de un mismo suelo acostumbran a tener estructuras diferentes. La importancia de la estructura radica en el hecho de que modifica las características básicas del suelo debido a la textura, en especial la proporción y tamaño de poros.

La estabilidad de la estructura expresa la solidez de los agregados, es decir, la resistencia que ofrecen los agregados a la acción degradante de factores externos, en especial la del agua. Su importancia reside en que está relacionada con las propiedades físicas del suelo (aireación, conductividad hidráulica, penetración de las raíces, hábitat físico, entre otras).

Además, como objeto interesante en el trabajo, encontramos en (Porta Casanellas J. L.-A., 2014) los factores que contribuyen a la estabilidad de la estructura:

- Los componentes (arcilla, materia orgánica, óxidos de hierro y carbonato cálcico).
- Características físico-químicas (naturaleza de los cationes que compensan las cargas negativas de los minerales de arcillas, cationes intercambiables).
- Actividad biológica.
- Clima (hielo-deshielo)
- Prácticas de cultivo utilizadas, así, un manejo adecuado de la materia orgánica mejorará la estabilidad de la estructura, al actuar de elemento de unión entre las partículas minerales.

Por el contrario, contribuyen a destruir la estructura:

- Presión ejercida sobre el suelo debida al impacto de las gotas de lluvia, que provoca la destrucción de los agregados poco estables.
- Humectación repentina de los agregados hace que el aire contenido en su interior quede atrapado, con lo que puede llegar a generar una presión tal que haga estallar y disgregue los agregados poco estables.

- Laboreo excesivo disminuye la estabilidad de la estructura, es especial si el suelo está demasiado húmedo.
- Paso de maquinaria pesada en suelos demasiado húmedos puede provocar compactación.

Podemos encontrar diferentes tipos de estructuras, detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 3: Tipos estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
Laminar	Impide la entrada de agua en el suelo (infiltración) y en movimiento vertical del agua, el aire y de las raíces. Dificulta la emergencia de las plántulas. Aumenta el volumen de agua de escorrentía superficial y, con ello, el riesgo de erosión.
Prismática	Prismas pueden presentar gran dureza cuando están secos, lo que impide que las raíces consigan entrar en su interior, creciendo únicamente a favor de los espacios que dejan los prismas entre ellos (porosidad entre agregados).
Columnar	Prismas rematados por una cúpula en la parte interior. Típica de suelos alcalinos.
Bloques angulares	Aristas agudas y caras curvas. Típica de suelos de zonas semiáridas y áridas pobres en materia orgánica.
Granular compuesta	Es la estructura más favorable, por su estabilidad y por el tamaño de los huecos, que dejan circular el agua y el aire con facilidad. Típica de medios biológicamente activos y ricos en materia orgánica.
Migajosa	Granular compuesta muy porosa. Materia orgánica bien evolucionada.

FUENTE: Elaboración propia a base de (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

La estructura es una propiedad dinámica, lo que significa que puede cambiar a corto plazo, a escala humana, en función de la actividad biológica y de las prácticas de cultivo. El mantenimiento de una buena estructura incide positivamente en el comportamiento y las funciones del suelo y, por consiguiente, en la calidad del suelo.

RELACIONES ENTRE EL SUELO Y EL CLIMA

Es necesario conocer los aspectos que relacionan el suelo con el clima, pues bien, para ello encontramos ciertos términos que nos aclaran estas relaciones:

Hablamos de **infiltración** siendo el proceso de entrada de agua (de lluvia, riego u otra procedencia) en el suelo al atravesar su superficie. La **precipitación efectiva** es la fracción del agua de lluvia que se infiltra en el suelo, por consiguiente, la que se moverá por el suelo, se almacena, hace posibles las reacciones químicas, los procesos edafogénicos, la ida en el suelo y la de las plantas. **Escorrentía superficial** es la fracción del agua de lluvia que se pierde por flujo superficial. Constituye un excedente que en terrenos inclinados se desplaza ladera abajo, mientras que en terrenos llanos puede producir encharcamientos, los cuales nos beneficiaran en cientos aspectos (biofumigación, de la cual se hablará más tarde), aunque en la mayoría de

casos, los encharcamientos no serán beneficiosos. Por último, hablamos de **evapotranspiración** a la combinación de dos procesos de transferencia de agua desde el suelo a la atmósfera en forma de vapor por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas. Es un componente del balance de agua del suelo, que detrae agua que podría intervenir en los procesos edafogénicos (degradación del material orgánico) y en la vida en el suelo. Es fundamental a la hora de producción de cultivos. (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Se podría pensar que en condiciones naturales, y si hay un aporte continuado de restos orgánicos al suelo, año tras año, el contenido de materia orgánica del suelo (MOS), que parte de cero y aumenta rápidamente al principio, lo haría de forma indefinida. Se ha observado que no es así, se alcanza una meseta en el contenido de carbono orgánico (Porta Casanellas J. L.-A., 2014)

En los suelos minerales, la materia orgánica siempre es un componente minoritario, cuyo contenido se estabiliza alrededor de un determinado valor al cabo de un cierto número de años. Por consiguiente, deben existir procesos de mineralización de la materia orgánica, que lleguen a compensar la tasa de aporte (estado estacionario), que se mantendrá mientras no cambien los factores de formación del suelo. El tiempo necesario para que se alcance una meseta en el contenido de carbono orgánico varía de unos medios a otros y define la duración ecológica del proceso de acumulación de materia orgánica.

Por lo general, el contenido medio de MOS se halla en un intervalo entre el 1%, en suelos de zonas secas a más del 90% en turberas (suelos orgánicos). El estadio de equilibrio al que se llegue dependerá de las condiciones ecológicas del medio, que son las que determinan la tasa de aporte y mineralización.

La **biomasa** es la masa total de organismos vivos de un lugar determinado, referida a una superficie o a un volumen de suelo. La **biomasa microbiana** del suelo es la materia orgánica presente en forma de tejidos microbianos vivos, generalmente asociados a la rizosfera. (Mitchell, 2003)

Los aportes de materia orgánica al suelo pueden tener lugar: en la superficie, a partir de las partes aéreas de la vegetación; y dentro del suelo, a partir de las raíces finas, de sus exudados y de los microorganismos.

La **biodegradación** es la transformación de una sustancia orgánica, natural o artificial por la acción de microorganismos del suelo que da lugar a nuevas estructuras moleculares, tales como dióxido de carbono y compuestos orgánicos.

La **MOS** es una mezcla de restos vegetales, animales y microbianos con sus productos de su descomposición, que incluye sustancias húmicas de síntesis y millones de organismos vivos: mesofauna y microfauna y microorganismos que, junto con las enzimas, son

responsables de innumerables procesos bioquímicos y biológicos que tienen lugar en el suelo y determinan su funcionamiento. (Vlaeminck, 2010)

MATERIA ORGÁNICA FRESCA

Según el grado de evolución de la materia orgánica encontramos; materia orgánica fresca, y materia orgánica humificada.

Pues bien, la **materia orgánica fresca** (materia orgánica *no humificada*) es aquella parte de la MMOS poco alterada, baja densidad aparente, que se encuentra en un estadio anterior al humus o en fases precoces de transformación en sustancias húmicas, sin que haya un límite conceptual claro. Está constituida por restos de plantas, animales, microorganismos: biomasa vegetal senescente procedente de la parte aérea de la vegetación (hojas y ramas, así como residuos de cosechas), raíces finas, biomasa microbiana, microfauna, así como excreciones de animales, secreciones solubles de plantas y microorganismos. Constituye la materia prima para la formación del humus.

La materia orgánica fresca no está unida o lo está débilmente a la fracción mineral, de la que se puede separar por métodos físicos: por tamizado o por medio de líquidos de diferentes densidades. Constituye una fuente de energía y de nutrientes para los organismos saprófitos del suelo. Los principales componentes de la materia orgánica fresca son:

- Hidratos de carbono: celulosa y hemicelulosa, que forman las paredes celulares de las plantas, o las quitinas de los artrópodos y hongos. Los polisacáridos coloidales desarrollan un papel importante en la formación de agregados del suelo.
- Compuestos nitrogenados: proteínas, péptidos y aminoácidos libres; se descomponen rápidamente en el suelo. Al biodegradarse entran a formar parte de la biomasa microbiana y liberan nitrógeno, por lo que constituyen una fuente de este nutriente para las plantas.
- Lignina: Poseen gran resistencia a la biodegradación. Se transforma de manera progresiva en humus del que son precursores, conservando aspectos estructurales originales reconocibles.
- Lípidos y moléculas lipídicas: constituidos por unidades que pueden retardar la descomposición de otros componentes orgánicos.
- Ceras y resinas: son muy resistentes a los ataques microbianos, por lo que se descomponen muy lentamente.
- Alcoholes, aldehídos y acetonas.
- Taninos: son compuestos difíciles de descomponer, su acción antiséptica sobre los microorganismos del suelo, ya que retrasan la mineralización de las proteínas, con las que forman complejos estables; y frenan la descomposición de la materia orgánica en general.
- Ácidos orgánicos de bajo peso molecular.
- Hormonas, enzimas y antibióticos.

Los componentes de la materia orgánica fresca que son difíciles de biodegradar se acumulan y pasan a formar parte del humus, en forma de sustancias húmicas heredadas que

pueden ser considerablemente resistentes a la degradación por encontrarse estabilizadas mediante interacciones organominerales que los hacen menos accesibles a las enzimas.

MATERIA ORGÁNICA HUMIFICADA

La materia orgánica humificada o humus en sentido amplio es una fracción orgánica coloidal, de coloración más o menos oscura, que establece uniones fuertes con los minerales de la arcilla y los óxidos de hierro. (Duchaufour, 2001), lo que las vuelve estables frente a la biodegradación microbiana, en relación con la materia orgánica fresca. Por tanto, en el humus en sentido amplio coexisten sustancias no húmicas y sustancias húmicas o humus en sentido estricto.

El humus está formado por una serie de ácidos que tienen pesos moleculares relativamente elevados; al aumentar éstos, disminuye su solubilidad y movilidad en el suelo. Constituyen entre un 60% y un 80% de la materia orgánica total del suelo. Presentan una elevada resistencia a la degradación, por lo que tienen gran estabilidad.

FUNCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y CALIDAD DEL SUELO

A pesar de que la MOS es un componente minoritario en la mayoría de los suelos, la elevada reactividad que presentan los componentes orgánicos que la integran, junto con su elevada superficie específica, hace que tenga una gran importancia en la productividad del suelo, en sus funciones medioambientales y los servicios que presta. La mayor parte de las funciones del suelo vienen condicionadas por la naturaleza y cantidad de MOS que contenga. La materia orgánica condiciona las propiedades físicas, las propiedades químicas y las propiedades biológicas. El contenido de materia orgánica es una propiedad dinámica que constituye uno de los indicadores de calidad de los suelos.

LA MATERIA ORGÁNICA Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Los componentes orgánicos:

- Intervienen en la formación y estabilización de agregados.
- Las sustancias húmicas de la MOS aumentan la capacidad de retención de agua del suelo, que puede llegar a ser una cinco veces mayor que la de los minerales de arcilla.
- Horizontes bien estructurados presentan una elevada porosidad y una conductividad hidráulica alta.
- La estabilidad de los agregados en la superficie del suelo hace que disminuya el riesgo de sellado y encostramiento superficial y, en consecuencia que el suelo presente una tasa de infiltración elevada, con lo que disminuirá el riesgo de erosión.
- El albedo de la superficie del suelo disminuye al aumentar el contenido de materia orgánica; la superficie del suelo es más oscura de manera que los suelos ricos en materia orgánica absorben más radiación solar, con lo que la temperatura del suelo será más elevada.

LA MATERIA ORGÁNICA Y LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

La MOS constituye una fuente de alimentos y energía metabólica para los microorganismos y la fauna del suelo. Al mineralizarse libera macronutrientes para las plantas: nitrógeno, fósforo y azufre, entre otros, así como micronutrientes; mientras que, al biodegradarse, puede liberar vitaminas y aminoácidos, entre otros. Por otro lado, los suelos presentan un potencial para el secuestro de carbono de la atmósfera, lo que tiene un efecto favorable, al contribuir a disminuir la concentración de CO₂ de la atmósfera y con ello el efecto invernadero y de calentamiento global. En Río en 1992 y en Copenhague en 2009 se plantea la necesidad de disminuir la concentración de CO₂ atmosférico y, una manera de hacerlo, es favoreciendo el secuestro de carbono por los suelos y los bosques, con lo que aumentaría la reserva de C orgánico en la superficie terrestre.

INCREMENTO ENEMIGOS NATURALES

La aplicación de algunas de las prácticas agrícolas generalizadas tras una época ha llevado como consecuencia al replanteamiento de la actividad agrícola en varios aspectos. Hoy en día, las plagas son vulnerables frente a ciertas plagas, esto ha sido provocado por el uso indiscriminado y masivo de productos fitosanitarios poco selectivos. Así pues, es preciso incorporar herramientas como alternativa de control. Una de ellas trata de potenciar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas y, más concretamente, la que se integra en los organismos que se alimentan de las plagas de los cultivos, es decir, los enemigos naturales.

La agricultura convencional se viene caracterizando por llevar a cabo la producción agraria mediante el uso de prácticas como:

- Laboreo intensivo del suelo, aplicado de modo regular en amplias superficies, muchas veces a una profundidad notable y utilizando maquinaria pesada.
- Monocultivo, que se viene manifestando a menudo a gran escala, tanto en cultivos leñosos como en herbáceos y repetidos durante muchos años sucesivos en grandes extensiones de terreno.
- Aplicación amplia e intensiva de fertilizantes inorgánicos.
- Riego excesivo.
- Utilización de químicos contra los enemigos de los cultivos, productos fitosanitarios orgánicos de síntesis. Supusieron una importante novedad científica e incrementaron su uso de modo espectacular para el control de plagas, enfermedades y malas hierbas.

(Martínez, 2016)

Es observable que estas prácticas favorecen la productividad a corto plazo, pero con el transcurso del tiempo se está observando que se están deteriorando las condiciones necesarias para sostener la productividad. No es sostenible un cultivo en el cual ocurra esta situación de agricultura convencional. Según (Martínez, 2016) se observan efectos por un uso excesivo de la agricultura convencional tales como:

- Degradación del suelo, fundamentalmente por erosión hídrica y eólica.
- Uso excesivo y pérdida de agua, que se está convirtiendo en recurso escaso.
- Contaminación por uso productos agroquímicos.
- Dependencia de ciertos productos.
- Desigualdad global, como consecuencia de las diferentes posibilidades de acceso a los insumos externos (elevado coste).

En lo que se refiere a las plagas, de entre los diversos factores que explican la elevada vulnerabilidad de los cultivos a las mismas, hay que entender la aplicación indiscriminada de productos fitosanitarios y uso excesivo de fertilizantes químicos. Además de:

- Disminución de diversidad del paisaje. Homogeneidad del paisaje, provocado por monocultivos ocasiona la reducción de poblaciones de enemigos naturales de las plagas.
- Disminución de la diversidad vegetal en agroecosistemas, ocasionan crecimiento de fitófagos, plagas especialistas en monocultivos.

Teniendo en cuenta esta base conceptual, se comprende fácilmente el gran interés que están adquiriendo las medidas preventivas y las medidas indirectas de control de plagas. Muchas medidas están usándose a la orden del día. Entre ellas, destacan las medidas legales de prevención y vigilancia, los métodos culturales, mecánicos y físicos y el control biológico por técnicas de conservación.

BIODIVERSIDAD Y CONTROL BIOLÓGICO POR CONSERVACIÓN

Cuando hablamos de biodiversidad, hacemos referencia al conjunto de organismos vivos que habitan e interaccionan en un ecosistema. Esta biodiversidad puede cambiar a lo largo del tiempo, dado que los ecosistemas varían en la composición y en la disposición espacial de los organismos vivos que los integra, así como en los procesos funcionales que tienen lugar entre ellos. (Martínez, 2016)

Los ecosistemas tienen una función reguladora, la cual puede causar beneficios al agricultor, resolviendo problemáticas productivas e incluso mejorando la calidad de los productos agrícolas. Sin embargo, esta forma de regulación natural desaparece de manera progresiva con la intensificación y la simplificación de los paisajes agrícolas. La expansión de los

monocultivos se realiza a expensas de la vegetación natural de alrededor, la cual es beneficiosa para mantener la biodiversidad a nivel de paisaje. Como consecuencia, la cantidad de hábitat disponible para artrópodos beneficiosos desciende hasta niveles alarmantes, a la vez que aumentan los problemas ocasionados por las plagas. Por ello, una estrategia clave en agricultura sostenible consiste en reincorporar biodiversidad al paisaje agrícola y manejarla adecuadamente.

Un ecosistema está formado por diversos grupos funcionales, en un agroecosistema, el más importante es aquel que se alimenta de los organismos que constituyen las plagas de los cultivos, es decir, sus enemigos naturales. Que nos proporcionan un control biológico de las plagas.

En general, una mayor diversidad de plantas implica una mayor diversidad de fitófagos, y esto determina, a su vez, una mayor diversidad de enemigos naturales (depredadores y parasitoides), formándose cadenas tróficas complejas que aseguran el buen funcionamiento del agroecosistema.

Por ello, una de las formas para aumentar la biodiversidad de depredadores y parasitoides en los cultivos se basa en incrementar la diversidad vegetal de los agroecosistemas, ya que les proporciona huéspedes alternativos, alimento suplementario y refugio, siendo un elemento esencial de control biológico.

Con el fin de obtener estos resultados hay que tomar una serie de prácticas para el manejo del agroecosistema. Como por ejemplo la elección de especies y variedades. Ya que el cultivo determina la presencia de enemigos naturales a través de la naturaleza física de sus superficie, presencia o ausencia de fuente de alimento e interacciones químicas que se establecen. Así hay que elegir especies y variedades que potencien una atmósfera y refugio favorable para el enemigo natural, nectarios que le suministren alimento, carecer de metabolitos que protejan a la plaga del enemigo natural. Además de disponer compuestos volátiles que lo atraigan.

Otro ejemplo sería la mezcla de cultivos entre los agroecosistemas que forman un paisaje agrícola y la presencia de más de un cultivo a la vez en el mismo agroecosistema. Esto beneficia al agricultor en el retraso del descubrimiento del cultivo por parte de la plaga. Así como aumento de enemigos naturales.

En ocasiones, la presencia de comunidades de plantas dentro y entre los agroecosistemas afecta a la comunidad de enemigos naturales, por tanto poblaciones de otras especies vegetales pueden ser huéspedes de fitófagos que no afecten a los cultivos, pero que sirvan de alimento a los enemigos naturales. Así, los enemigos naturales no tienen que emigrar en busca de alimento. El aumento de la presencia de comunidades vegetales se puede conseguir mediante la implantación de las siguientes infraestructuras ecológicas:

- Cubiertas vegetales, de modo que toda o parte de la superficie del agroecosistema permanezca protegida con vegetación espontánea o sembrada, de forma temporal o permanente.

- Vegetación en los márgenes de los agroecosistemas, respetando la vegetación natural o plantando poblaciones de árboles, arbustos o plantas herbáceas elegidas según unos criterios ya nombrados.
- Vegetación en zonas no productivas, manteniendo sin laboreo el suelo de determinados agroecosistemas que se encuentran sin cultivar, permitiendo la aparición y evolución en ellos de una pradera natural.
- Mantenimiento de restos de cosechas cuando su destrucción suponga la eliminación de enemigos naturales presentes en dichos residuos.
- Establecimiento de necesidades de los enemigos naturales durante su periodo de hibernación para proporcionarles refugios adecuados, bien naturales o artificiales, de modo que esa hibernación pueda ser llevada a cabo de forma óptima. (Martínez, 2016)

REDUCCIÓN FATIGA DEL SUELO: BIOFUMIGACIÓN

Cuando se habla de biofumigación se entiende como tal una técnica para el control de patógenos del suelo; tanto nematodos, hongos o bacterias. Dicha técnica consiste en la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica fresca (estiércoles o brásicas: coles, nabos...) junto con la aportación de grandes cantidades de agua para llegar a condiciones de anaerobiosis. (Llobregat) El resultado es una mejora de las características generales del suelo y de la nutrición de los cultivos, a un coste mínimo. Además, su eficacia como desinfectante del suelo es similar a la de los fumigantes químicos convencionales, considerándose una alternativa de éstos en agricultura convencional, así como en agricultura ecológica.

Desgraciadamente, la introducción de los abonos químicos propició el olvido de la importancia que tiene la fertilidad del suelo y su fertilización orgánica en la autogestión de la sanidad de los agrosistemas. (Llobregat) Y así es como actualmente los patógenos del suelo se han convertido en uno de los problemas principales en la productividad de los cultivos, causando pérdidas millonarias año tras año. Obligando en agricultura convencional a la aplicación cada vez de más cantidad de desinfectantes químicos del suelo para poder afrontarlo. Uno de estos desinfectantes químicos, el más conocido, es el bromuro de metilo (BM), prohibido desde el año 2005. Las razones principales de su prohibición fueron que entre el 50 y el 95% del BM aplicado al suelo pasaba en forma de emisiones gaseosas a la estratosfera, donde libera átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que contribuye a la disminución de la capa de ozono (Thomas, 1997).

Gracias a la prohibición del uso de este producto químico, la investigación de alternativas para la desinfección de los suelos se ha acelerado enormemente. Además, la falta de fertilización orgánica del suelo en la agricultura intensiva ha llevado a lo que se conoce como fatiga del suelo. Como indica el experto en patología vegetal Javier Tello (2010), la fatiga del suelo puede ser, al menos, de tres tipos: fatiga física debida a una defectuosa estructura del suelo, fatiga química debida a la acción de acumulación de una fitotoxina o sustancia

alelopática, y fatiga biológica debida al parasitismo de debilidad, es decir, que la baja población de microorganismos antagonistas de los patógenos del suelo provoca una afectación grave y repetida en la sanidad de los cultivos.

Para la corrección de la fatiga física y biológica del suelo, la materia orgánica juega un papel corrector de primer orden: genera estructura mediante la unión con las partículas de arcilla del suelo y activa los microorganismos antagonistas de los patógenos del suelo. Para la corrección de la fatiga química, resulta imprescindible el uso de rotaciones de cultivos. Éstos son, sin duda, los principales métodos preventivos para el mantenimiento de la sanidad de los cultivos con que cuentan los campesinos ecológicos.

Aunque se debe tener en cuenta, que en agricultura ecológica resulta necesario no sólo disponer de métodos preventivos, sino también de métodos correctores. Es ésta una de las razones fundamentales por las cuales la biofumigación resulta interesante en agricultura ecológica. De todas maneras, ningún método de desinfección biológica del suelo tiene que ser considerado como la solución a las causas de los problemas y la mejor opción es el manejo integral de los cultivos y del agroecosistema en general.

BIOFUMIGACIÓN

La biofumigación se fundamenta en la acción fumigante de las sustancias volátiles resultantes de la biodescomposición de la materia orgánica fresca para el control de los organismos patógenos del suelo (Thomas, 1997). Se habla de una serie de efectos directos de la biofumigación sobre el suelo, además de otros efectos indirectos:

- “en la degradación de la materia orgánica incorporada intervienen un gran número de microorganismos, que se ven favorecidos por el aumento de materia orgánica, y que actúan como antagonistas (*Aspergillus*, *Trichoderma*...) de los patógenos del suelo, que ocupan el espacio y entran en competencia con los patógenos.
- las sustancias volátiles (como los isotiocianatos, en adelante ITCs), amonio y fenoles producidos en la biodegradación (fermentación, etc.) de la materia orgánica aplicada favorecen el control de patógenos del suelo e incrementan la eficacia de la técnica cuando se incluye en un sistema integrado de producción de cultivos.
- las condiciones de anaerobiosis (falta de oxígeno) creadas en el terreno durante la aplicación de la técnica debido a la inundación del terreno en agua de riego también tienen un efecto negativo inhibitorio sobre el desarrollo de los patógenos del suelo.
- el aumento, en el suelo, de materia orgánica en sus diferentes formas (fresca, madura, humus, etc.) tiene un efecto mejorante (contrario de degradante) del suelo que hace aumentar su fertilidad general (física, química y biológica) y, por lo tanto, permite al suelo la recuperación de su sanidad y de su equilibrio.” (Llobregat)

A fin de que la aplicación de materia orgánica biofumigante tenga los efectos indicados, resulta necesario retener en el suelo los gases producidos durante la descomposición al menos durante dos semanas. La retención de los gases se consigue sellando el suelo mediante agua de riego, que se puede acompañar con una cubierta suplementaria de plástico. Aunque

siempre se evitará el uso de la cubierta artificial de plástico debido a sus contras en cuanto a la mentalidad ecológica en agricultura.

Con respecto a las materias orgánicas útiles para la biofumigación del suelo, se ha visto que generalmente cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante. Su eficacia depende principalmente del tipo de materia orgánica aportada, de la dosis y del método de aplicación. En este sentido, hay tres grupos de materias orgánicas biofumigantes: estiércoles frescos, residuos de industrias agrarias transformadoras y cultivos de brásicas, que se acaban incorporando al suelo al final del cultivo. Las cuales abordaremos más adelante.

MOTIVACIONES PARA SU USO

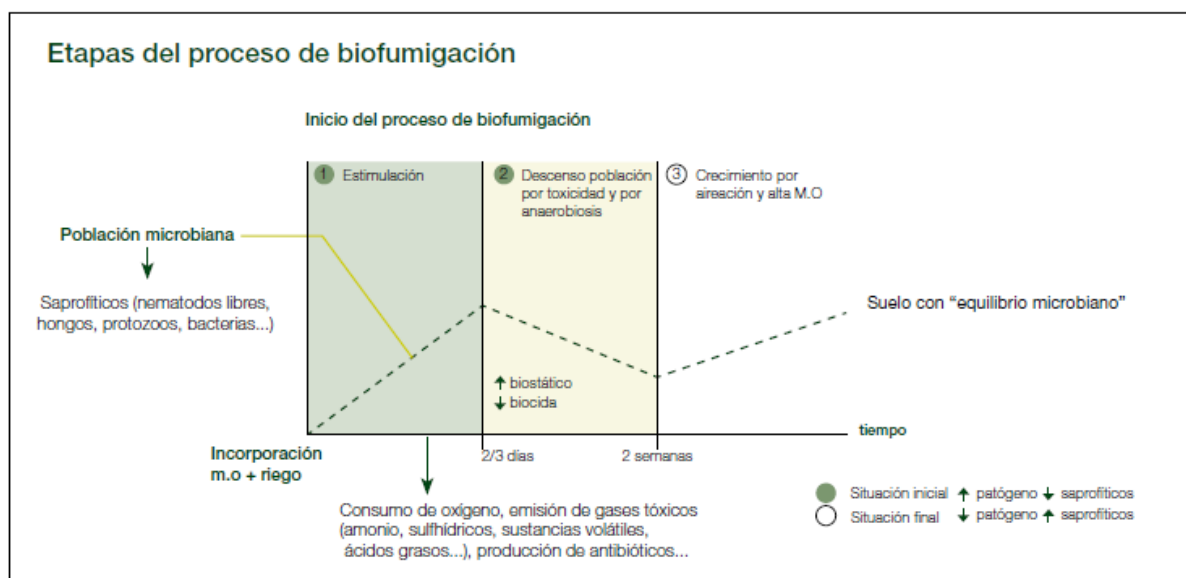
- La biofumigación resulta necesaria en tanto que muchos de los patógenos del suelo afectan a más de una especie, como por ejemplo la verticilosis en cultivos hortícolas, lo que dificulta la lucha contra estos patógenos del suelo únicamente mediante la rotación de cultivos.
- La biofumigación tiene capacidad de control sobre hongos, bacterias, insectos y nematodos, además de reducir los problemas de replantación (bajas, falta de vigor, etc.), sobre todo en fruticultura.
- Su aplicación está especialmente indicada en tierras que han sufrido una sobreexplotación (aplicación de técnicas de cultivo inadecuadas en la gestión de la fertilidad y de la vida en el suelo). También se puede aplicar en tierras que no hayan sufrido manejos inadecuados, ya que tiene un efecto beneficioso de las propiedades físicas del suelo particularmente con respecto a la corrección de su compactación. (Thomas, 1997)
- A diferencia de la solarización, en la biofumigación no son necesarias temperaturas ambientales superiores a 30 grados, por lo que se puede aplicar en cualquier época del año, en áreas de bajas temperaturas y en cultivos extensivos. Siempre teniendo en cuenta que como mayor sea la temperatura del suelo, más rápida será la degradación de la materia orgánica incorporada.
- No tiene limitaciones de uso en los reglamentos de producción integrada o ecológica, siempre que se respeten las aplicaciones máximas de 170 kg de N/ha (Decreto 136/2009).
- No se le atribuyen efectos nocivos ni sobre el medio ambiente ni sobre las personas, siempre que se haga siguiendo los criterios agronómicos recomendados en las aplicaciones de materia orgánica en el suelo.
- Permite resolver los problemas de impacto ambiental que generan ciertos residuos (estiércoles, residuos urbanos, subproductos agroindustriales, etc.), al mismo tiempo que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

- Incrementa la rentabilidad de los cultivos, ya que disminuye los costes de inversión en productos comerciales, y da lugar a sistemas de cultivo cuya gestión se basa en el uso de recursos locales.
- Permite superar las limitaciones comerciales y/o de rendimiento de algunas de las variedades resistentes utilizadas como método de lucha contra ciertos patógenos del suelo. (Llobregat)

¿EN QUÉ CONSISTE?

El proceso de biofumigación consta de tres etapas que están diferenciadas entre sí en el siguiente gráfico:

Tabla 4: Etapas proceso biofumigación



Fuente: Andreu Vila

ETAPA 1: El efecto biocida de las sustancias volátiles (ITCs), y de otros como el amonio, sobre las poblaciones de patógenos sólo se da en esta etapa, que dura unos 2 o 3 días. (Thomas, 1997) Al mismo tiempo, la población de hongos saprobios, antagonistas de los patógenos del suelo, se ve favorecida por la presencia de la materia orgánica. En cuanto al nivel de contenido de oxígeno en el suelo, éste va disminuyendo constantemente por el consumo que hacen las crecientes poblaciones de microorganismos, que por otra parte no se ve renovado debido al sellado del suelo, que tiene que ser completo con el fin de asegurar la efectividad de la técnica. Esta primera etapa de la biofumigación es la más importante, ya que es donde se alcanza un máximo de población microbiana, un máximo contenido de sustancias volátiles nocivas por los patógenos del suelo y un mínimo contenido de oxígeno en el suelo, principales efectos sobre los cuales se basa la técnica.

ETAPA 2: Una vez pasados los efectos nocivos inmediatos de las sustancias generadas anteriormente, se inicia una segunda etapa caracterizada por la normalización de la situación, con una disminución general de las poblaciones de microorganismos presentes en el suelo, donde la presencia de materia orgánica favorece la supervivencia de los microorganismos saprofitos (consumidores de materia orgánica: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*...). Éstos tienen poder fungistático (de desplazamiento de unos hongos por competencia de otros) sobre las poblaciones de hongos patógenos. Por otra parte, a causa de la normal pérdida de agua el sellado del suelo disminuye, aumenta el contenido en oxígeno y se libera parte de las sustancias biocidas generadas en la etapa 1.

ETAPA 3: Después de las dos o tres semanas que duran estas dos etapas, los microorganismos del suelo se estabilizan en función de la situación dejada por las etapas anteriores, es decir, con preeminencia de las colonias de microorganismos saprofitos y antagonistas sobre las de patógenos. A partir de aquí se considera acabada la aplicación de la técnica, pudiendo implantar los nuevos cultivos a partir de los 2-3 días siguientes.

TIPOS DE BIOFUMIGACIONES

Encontramos dos tipos de biofumigaciones: con estiércoles u otros restos orgánicos, o con brásicas. Cada una de ellas requiere un manejo diferente.

Biofumigación con estiércoles u otros restos orgánicos: para que un material orgánico tenga función biofumigante tiene que estar en las primeras fases de descomposición, lo que no sucede con la materia orgánica aportada normalmente como abono (Thomas, 1997) que se trata de materia orgánica estabilizada. Así, resulta necesaria una relación C/N de entre 8 y 20 para que la aplicación de esta materia orgánica tenga efecto biofumigante (producción de amonio y nitratos y favorecimiento de enzimas con actividad biocida). Las dosis de aplicación oscilan entre la 25-50 t/ha, según el tipo de material utilizado y de la presión de patógenos en el suelo en biofumigar. A elevadas presiones de patógenos las dosis pueden ser máximas (50 t/ha), si bien se pueden reducir aplicando la materia orgánica por surcos. Cuando las presiones de patógenos no son tan elevadas y el objetivo principal de la biofumigación es contrarrestar la fatiga del suelo, las dosis se pueden reducir a valores alrededor a las 20-25 t/ha.

Entre las materias orgánicas en que se han estudiado los efectos biofumigantes hay: estiércoles de cabra, oveja, vaca y gallina, residuos de cultivos de arroz, de industrias forestales y de papel, residuos de industrias de pescado y marisco, numerosos subproductos agrícolas (incluso de jardín), así como los residuos procedentes de plantas que presentan compuestos con efectos alelopáticos (Thomas, 1997). Para el estiércol, se tiene que procurar que durante su transporte y almacenaje no se pierdan los gases producidos en la biodegradación cubriéndolos con plásticos u otros materiales hasta el momento de la aplicación. El biofumigante se tiene que esparcir uniformemente para que no aparezcan focos de patógenos que puedan recolonizar el espacio, y se tiene que incorporar cuanto antes mejor.

Biofumigación con brásicas: La utilización de brásicas como fuente de materia orgánica fresca para la biofumigación es una de las alternativas a la no utilización de estiércoles que resulta más barata y no presenta dificultades técnicas en el manejo. Las

brásicas contienen unos compuestos llamados glucosinolatos (Kjaer, 1976) que cuando se hidrolizan por la acción de la enzima mirosinasa dan lugar a los isotiocianatos (ITCs). Los glucosinolatos son inactivos contra microorganismos, pero los productos resultantes de la hidrólisis son biocidas muy eficaces contra nemátodos, bacterias, hongos, insectos y la germinación de semillas (Thomas, 1997).

La eficacia de la biofumigación con brásicas depende de diversos factores, pero fundamentalmente de la brásica utilizada, de su correcta incorporación en el suelo, de la actividad enzimática de la mirosinasa que es la responsable de la hidrólisis de los glucosinolatos, de las pérdidas por volatilización, de la absorción de la arcilla, de la pérdida por percolación y de la degradación microbiana (Morra, 1997)

Entre las especies útiles de la familia de las brassicaceas hay el nabo forrajero, que da una gran biomasa radical y foliar. Dentro de las familias de las brassicáceas, nos son útiles, en general, cualquier especie que se adapte a las condiciones de cultivo específicas de una determinada zona geográfica (según el tipo de suelo, clima y meteorología, antecedentes culturales, etc.)

Finalmente, hay que decir que resulta recomendable alternar la utilización de residuos agrarios (estiércoles u otros) con brásicas, y de esta forma conseguir diversificar los métodos de control de patógenos del suelo. Por otra parte, la utilización de leguminosas y gramíneas (como el sorgo) como alternativa al uso de brásicas también aparece citada en la bibliografía en lo referente a la biofumigación.

MANEJO TÉCNICO

Picado y entierro

El picado se hace, evidentemente, únicamente en el caso de utilizar brásicas. En este caso, el proceso es de gran importancia, ya que como más finamente se trinche el cultivo, mejor y más rápidamente se producirá la liberación de ITCs y la degradación de la materia orgánica proveniente del cultivo. A tal efecto, la maquinaria normalmente utilizada es la fresadora, que permite realizar tanto el picado como el entierro en una sola pasada de tractor. Con el fin de conseguir un picado más fino, resulta recomendable hacer una pasada previa al entierro con un apero picador, que será más eficaz si el apero rompe las plantas (picadora de martillos) en lugar de cortarlas (picadora de discos) (Michel, 2007)

El momento del picado en la biofumigación con brásicas corresponde al momento de la plena floración del cultivo (Sawar i Kierkegard, 1998), correspondiendo a la mitad del periodo de floración, momento en que el contenido de glucosinolatos (precursores de los ITCs) en las plantas es máximo, sin que se presenten diferencias significativas de contenido entre la raíz y la parte aérea. **Uno de los parámetros más importantes a la hora de escoger la variedad de brásica a utilizar es el tiempo que tarda el cultivo a llegar a la floración**, ya que necesitaremos adaptarlo a la disponibilidad de espacio de nuestra alternativa de cultivos, siendo mínima (1 mes) en el cultivo de mostaza como material biofumigante. Por otra parte, la

cantidad de ITCs producidos por planta es otro de los parámetros interesantes a tener en cuenta a la hora de escoger las variedades de brásicas biofumigantes.

Con respecto al entierro, proceso a aplicar en ambos tipos de biofumigaciones, la profundidad recomendada tiende a ser relativamente elevada, indicando J. Tello (2006) unas profundidades de 25-30 cm, mientras que de otros (Michel, 2007) proponen la máxima profundidad alcanzable por los aperos.

Si bien la biofumigación es una técnica que, como ya hemos dicho, permite ser aplicada en cualquier época del año y área geográfica (contrariamente a la solarización), se tiene que pensar que cuanto más frío se encuentre el suelo en el momento de la aplicación, las cantidades de ITCs liberadas pueden ser insuficientes y el efecto biofumigante menor. Igualmente, con el fin de alcanzar unos efectos máximos en el caso de la biofumigación con estiércoles, éstos se tienen que aplicar lo antes posible después de su transporte a campo, sin dejar tiempo a que se inicie su compostaje encima del suelo.

Sellado

Esta es la etapa del proceso que permite mantener retenidas en el suelo las sustancias volátiles que se producirán durante la descomposición de la materia orgánica, ya que sin el sellado del suelo estas sustancias se pierden por volatilización. Por otra parte, permite la reducción del contenido de oxígeno presente en el suelo, otro de los efectos principales de la biofumigación en el control de patógenos del suelo.

Una de las claves del sellado del suelo, que repercute directa y fuertemente sobre la efectividad de la biofumigación, es que se haga inmediatamente después del entierro de la materia orgánica, sean brásicas, estiércoles u otros residuos. En caso contrario, el inicio de la descomposición de la materia orgánica por vía aeróbica (con oxígeno) haría perder parte de las propiedades biofumigantes del material. Esta etapa del proceso biofumigante dura dos semanas, aunque se puede considerar necesario alargarla unos días si la presión de patógenos en el suelo es muy alta, o si la temperatura del suelo es demasiada baja y enlentece la degradación de la materia orgánica.

Podemos encontrar dos tipos de métodos a la hora de sellar el suelo:

- **Regando hasta capacidad de campo:** se puede utilizar cualquier tipo de riego, en función principalmente de las características del suelo: a manta, principalmente para suelos francos, arcillosos y limosos, donde también se puede utilizar el riego por goteo, doblando el número de goteros por metro cuadrado; y por aspersión, útil en suelos arenosos y de poca profundidad.
- **Cubriendo el suelo con plásticos:** si la biofumigación se hace durante el verano, con plástico transparente, y manteniendo el plástico durante 45 días o más, la técnica se verá ligeramente modificada dando paso a aquello que se llama biosolarización (mezcla de biofumigación y solarización). El grueso del plástico útil para el sellado tendría que ser de aproximadamente 400 galgas (100 micras).

Con el fin de facilitar el sellado y asegurar la efectividad de la biofumigación, se recomienda hacer una pasada de rodillo o de la alomadora del rotovator previa al riego. Una vez pasadas las dos semanas correspondientes a las dos primeras etapas del proceso de biofumigación, el suelo ya estará en condiciones de ser cultivado de nuevo, previa pasada de cultivador.

MOMENTO Y PERIODICIDAD DE APLICACIÓN

Las situaciones más habituales son aquéllas en que la técnica se aplica sólo una sola vez en la parcela en cuestión, ya sea para favorecer una correcta reconversión del suelo hacia la agricultura ecológica, ya sea para asegurar el éxito de una nueva plantación de frutales, etc. La biofumigación es concebida, pues, como una técnica de una sola aplicación, principalmente por su carácter agresivo, o de choque, que tiene sobre el suelo y sus habitantes.

Se ha comentado anteriormente que la no necesidad de altas temperaturas para su aplicación permite hacer uso en cualquier época del año y en áreas de bajas temperaturas. Sin embargo, si se prevén temperaturas del suelo demasiado bajas para una correcta actividad de los microorganismos saprofíticos (<15°C), que se encuentran en la base del éxito de la biofumigación, puede convenir aplazar su aplicación a otro periodo del año, en previsión de una insuficiente producción de ITCs y de una lenta degradación de la materia orgánica.

REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN

La degradación de un suelo puede describirse atendiendo a los efectos sobre las características intrínsecas del suelo o bien sobre las funciones que potencialmente podría desempeñar el suelo. La degradación de un suelo se refiere a la pérdida de utilidad actual o potencial, con lo que a medida que la degradación progrese, el suelo será capaz de realizar cada vez menos funciones y servicios de los que se podrían esperar de él. La degradación produce una disminución de rango o estatus del suelo. (Porta Casanellas J. &.-A., 2008)

A causa de la erosión irá disminuyendo el espesor de la superficie del suelo; puede haber una pérdida de material fino en superficie, con aumento de la pedregosidad superficial; o puede perderse materia orgánica con las partículas arrastradas por el agua de escorrentía superficial. A causa del paso de maquinaria o del ganado puede provocarse la compactación del suelo.

Podemos encontrar técnicas de rehabilitación de los suelos o técnicas de prevención/reducción de la erosión. Pues bien, hablamos de la rehabilitación al conjunto de técnicas aplicadas para volver a hacer útil un espacio determinado, devolviendo los suelos a un estado que les permita desarrollar un conjunto de funciones, de acuerdo con los objetivos del proyecto de rehabilitación previsto.

Desde el punto de vista de la actividad agrícola, la degradación del suelo comporta que, con el mismo trabajo, se vayan obteniendo cada vez menores rendimientos, a medida que la degradación avance. Por ello, para obtener los mismos rendimientos de los cultivos, será necesario hacer más aportaciones de trabajo e insumos, con lo que los beneficios para el agricultor serán cada vez menores, y los riesgos ambientales, posiblemente, mayores.

La degradación del suelo es el resultado de la acción de los siguientes componentes:

- Procesos naturales de degradación.
- Procesos antrópicos de degradación.
- Procesos de auto regeneración del suelo.
- Gestión rehabilitadora (antrópica).

Los principales procesos de degradación de suelos se pueden agrupar según que comporten:

- Degradación por pérdida de suelo, que supone una pérdida de las partículas de suelo debido a procesos erosivos, cuyos efectos se evidencian por lo general de forma inmediata tras un episodio de lluvia, por aparición de arroyaderos, por el arrastre de partículas por erosión del viento (eólica), y por los movimientos en masa.
- Degradación por estrés sin manifestaciones externas, que da lugar a un aumento del estrés interno. En estos casos el suelo parece intacto, pero cada vez será necesario un mayor trabajo interno en el sistema para llegar a obtener los mismos resultados. Se pierde eficiencia. Cuando aparezcan signos externos de degradación, ésta se encontrará en un estado avanzado.

Cabe distinguir los siguientes procesos, consultados en:
<https://www.iec.cat/mapasols/Ca/Inici.asp>

- Degradación química:
 - Disminución de la fertilidad.
 - Salinización.
 - Sodificación.
 - Lixiviación de cationes básicos y acidificación.
 - Inundaciones y gleyficación.
 - Contaminación: acumulación de elementos tóxicos.
- Degradación biológica:
 - Empobrecimiento en materia orgánica.
 - Pérdida de población microbiana.

- Pérdida de biodiversidad dentro del suelo.
- Degradación física:
 - Inestabilidad y degradación de la estructura.
 - Compactación.
 - Sellado y encostramiento superficial.
 - Sellado por ocupación permanente del suelo con edificaciones e infraestructuras.

La erosión es un proceso relativamente lento, intermitente, recurrente a lo largo de los años, progresivo, que se retroalimenta y que es irreversible. Para luchar contra ella, como se ha dicho, existen técnicas preventivas/reducción daños, entre ellas podemos encontrar:

- Proteger la superficie del suelo con una cubierta vegetal, para que no sufra el impacto directo de las gotas de lluvia
- Controlar la velocidad del flujo del agua de escorrentía superficial procedente de aguas arriba. Para conseguirlo se debe acortar el recorrido del agua de escorrentía superficial, ya sea creando irregularidades en la superficie del terreno (surcos sensiblemente paralelos a las curvas de nivel), segmentando la longitud de la ladera (intercalando franjas de vegetación o construyendo terrazas que actúan a modo de canales que conducen el agua de escorrentía de forma no erosiva); o bien variando la inclinación de la ladera, por lo general construyendo terrazas y bancales.
- Construcción de muretes de piedra o barreras naturales de vegetación para frenar los vientos dominantes en nuestra parcela, de ésta manera cesará el efecto erosivo eólico.
- Aumentar la fertilidad del suelo para evitar la erosión del mismo.
- Manejo de las zonas no productivas, es decir, aquellas zonas que no estén en producción agrícola. De ésta manera, evitaremos el laboreo de estas zonas, favoreciendo el desarrollo y mantenimiento de cubiertas vegetales. Así, además de evitar la erosión de la parcela, aumentaremos los niveles de materia orgánica.

OBJETIVOS

El presente trabajo está realizado desde un punto de vista respetuoso con el medio ambiente, y la evolución del mismo ligada a sus usos antropológicos.

- El objetivo principal de la biofumigación es el control de patógenos del suelo, los efectos que induce en el suelo y en la disponibilidad de nutrientes por el cultivo posterior tienen que ser tenidos en cuenta para un correcto plan de fertilización de los cultivos. Por todo ello, realizaremos esta tarea para nuestra finca de estudio.
- Además, se proponen una serie de medidas cuyo objetivo, es precisamente, el manejo de los agroecosistemas para fomentar la presencia de los enemigos naturales de las plagas de los cultivos.

El trabajo tiene varios objetivos generales y complementarios a la vez:

- Objetivo ambiental para evaluar el alcance de cada acción concreta de conservación implementada para frenar el empobrecimiento de la diversidad de la fauna de acuerdo a los diferentes biotopos europeos.
- El proyecto trata de crear espacios complementarios semi-naturales en viñedos tales como los setos, cubiertas vegetales, tierra de cultivo o bajos muros para acoger todo tipo de artrópodos, aves, pequeños mamíferos, hongos, plantas nuevas... La idea es aumentar la biodiversidad vegetal que apoya la biodiversidad animal. Una perspectiva de paisaje se centra en las estructuras más eficientes en términos de biodiversidad. Un diseño de paisaje adecuado, respetuoso tanto del biotopo como de la cultura regional, es más eficiente y funcional que las perspectivas con vistas más cortas.

MATERIALES Y MÉTODOS

SITUACIÓN ACTUAL: DENOMINACIÓN DE ORIGEN JUMILLA

ZONA DE PRODUCCIÓN

La zona de producción de la Denominación de Origen (D.O.) de los vinos de Jumilla está situada en el sureste de la península Ibérica. Forma parte de dos Comunidades Autónomas:

- En la Comunidad de Castilla La Mancha, la parte sureste de la provincia de Albacete, formando parte de ella los términos municipales de: Albatana, Fuente Álamo, Hellín, Montealegre del Castillo, Ontur y Tobarra.
- En la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, la zona del norte, una parte de la comarca del Altiplano, el término municipal de Jumilla, ceca de la Denominación de Origen y del cual toma su nombre. (Pardo, 1996)



Fig 2: Mapa de la Denominación de Origen Jumilla (jumilla.org, 2018)

Actualmente la zona de producción de la D.O. Jumilla posee unas 25.000 ha de viñedo, de las cuales el 40% se encuentran situadas en el municipio de Jumilla y el resto en la provincia de Albacete, agrupando a casi 2000 viticultores.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA D.O JUMILLA

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El área geográfica se encuentra situada en el sureste de España, es una zona de transición entre el litoral murciano y la meseta manchega. Su orografía está constituida por una serie de alineaciones montañosas, separadas por valles corredores intermontañosos,

barrancos, cañadas y zonas prácticamente llanas, situadas entre 400 (parte sur) y 800 (parte norte) de altitud, siendo estos lugares donde se sitúan los suelos de cultivo.

La zona de Jumilla se encuentra situada geológicamente en la zona Prebética, siendo los materiales dominantes de sus alineaciones montañosas calizas y dolomitas del Cretácico intercaladas con areniscas, arenas y margas arenosas. Los municipios de Albacete se encuentran situados geológicamente entre la cobertera Mesozoico-Terciario de la meseta y el Prebético, encontrándose materiales triásicos, formados por arcillas rojas con yesos rojos y transparentes, dolomías jurásicas, calizas y yesos, entre otros.

No podemos olvidar, la influencia del clima de la región en el modelado del relieve, destacando así los conos de deyección y glaciares y los cauces secos correspondientes a ramblas que únicamente llevarán agua en épocas de grandes lluvias. (Campano Azorín, 2009)

HIDROGRAFÍA

Los fenómenos geológicos que conforman la Región de Murcia condicionan las características hidrológicas, junto con las condiciones climáticas, de manera que las unidades geológicas de ésta también serán las unidades hidrogeológicas: Prebético, Subbético, Bético, Vegas del Segura-Guadalestín y Campo de Cartagena.

Como ya se ha citado en el apartado anterior, la zona de la D.O. Jumilla se encuentra en el área Prebética, formada por la transición entre el litoral levantino mediterráneo y la meseta castellano-manchega.

Destacan amplios valles, circundados por alineaciones montañosas, siendo el único cauce de agua permanente el del río Mundo, que discurre en el término de Hellín. En el resto de la D.O. no hay cursos permanentes, sólo ramblas por las que circula el agua de lluvia, cuando ésta ha sido de gran intensidad y en este caso fluyen durante unas horas.

También tiene una serie de cubetas endorreicas, favorecidas por el relieve, la litología y las condiciones de los suelos, donde acaban las ramblas que concentran la escorrentía superficial de este espacio. Sólo en casos de grandes avenidas, se sobrepasan los umbrales de algunas cuencas cerradas y se dirigen hacia el río Segura a través de las ramblas del Moro o del Judío.

Actualmente afloran pocas fuentes naturales pues los sondeos y las captaciones realizadas las han secado.

Dada la estructura predominante de grandes pliegues enraizados, en la D.O. Jumilla se encuentran numerosos acuíferos de relativa extensión entre los que destacan: Cingla-Cuchillo, Jumilla-Villena, Ascoy-Sopalmo, El Molar, Sinclinal de Calasparra, Ontur, Pino, Boqueron, Conejeros-Albatana, Tobarra-Tedera-Pinilla, Sinclinal de Lahiguera y Sierra de la Oliva. (el Segura, 2007)

SUELOS

En general existe un predominio de rocas madres calizas que han formado diversos tipos de suelos: pardo-calizos, litosuelos calcáreos, suelos de vega parda, suelos margoso-yesosos y tierra parda superficial (Atlas Global de la Región de Murcia, 2001)

Los suelos pardo-calizos forman complejos con costras calizas y litosuelos calcáreos. Desde el punto de vista edafológico, la vid encuentra en ellos suelos muy aptos para su cultivo, ya que tienen una aceptable capacidad hídrica, una permeabilidad mediana, un elevado porcentaje de carbonato cálcico y bajo contenido de materia orgánica. Le siguen en proporción los suelos de huerta y vega, formados a partir de los arrastres sedimentarios aportados por las aguas de avenida. Este tipo de suelo ocupa los valles más grandes y fértiles de la comarca (Cañada del Judío y Prado). Otro tipos de suelos que se documentan en la zona, pero menos extendidos, son los salinos, los pedregosos y los rocosos.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima, a pesar de la relativa proximidad del Mediterráneo, presenta rasgos claramente continentales con marcado carácter semiárido.

PLUVIOMETRÍA

La pluviometría es uno de los principales problemas climáticos de la zona. El régimen de lluvias es muy irregular, presentando largos periodos de sequía, que influyen negativamente en la actividad y economía de la D.O.

Las precipitaciones se producen en su mayor parte en las estaciones de primavera, en los meses de abril y mayo, y en otoño, en octubre y noviembre, cuando las borrascas del frente polar cruzan la península desde el Atlántico al Mediterráneo. Las lluvias de estos meses representan el 50% de las de todo el año. La pluviometría media anual es de 300 mm/año.

Las lluvias se producen en muchas ocasiones de forma torrencial, por lo que el agua no puede ser absorbida por la tierra, perdiéndose por los torrentes y ramblas, produciendo daños en infraestructuras en, incluso, cultivos y cosechas, dependiendo de la época del año en que se produzcan. (Gil, 1991)

TEMPERATURAS

La temperatura media anual es relativamente alta, 16 °C, siendo la oscilación térmica elevada, en verano se pueden alcanzar los 40 °C y en invierno se pueden registrar mínimas negativas que se a veces se aproximan a -10 °C.

El periodo de heladas normalmente, tiene lugar entre los meses de noviembre a marzo, aunque puede darse alguna en octubre y abril.

Estas temperaturas extremas, junto con los largos periodos de sequía citados anteriormente, han provocado en numerosas ocasiones una disminución en la producción de uva y vino al no tener la planta capacidad para completar el ciclo de maduración de la uva, o como consecuencia de la muerte de numerosas cepas en producción.

CULTIVO DE LA VID

La viticultura es una de las actividades más importantes en esta zona de producción, la cual, tiene unas particularidades importantes que la diferencian de otras zonas y sirven de base para la calidad y diferenciación de los vinos que se elaboran.

Los principales condicionantes de la viticultura en esta zona son los siguientes. (Pardo, 1996):

- Climatología adversa: escasa pluviometría y altas temperaturas.
- Baja disponibilidad de agua para riego y casi siempre de origen subterránea.
- Suelos con buenas aptitudes para el cultivo.
- Del 40% al 50% de cepas con “pie franco”.
- Cepas de pequeño desarrollo y tamaño reducido.
- Rendimientos bajos.
- Prácticamente monocultivo de la variedad Monastrell.

El cultivo del viñedo amparado por la Denominación podrá llevarse a cabo en las siguientes condiciones:

- En un régimen de cultivo extensivo, con densidades de plantación comprendidas entre un máximo de 1600 cepas ha-1 y un mínimo de 1100 cepas ha-1, con rendimientos máximos de 5000 kg ha-1 en las variedades tintas y de 5625 kg ha-1 en las variedades blancas
- En un régimen de cultivo intensivo con densidades de plantación de 24000 cepas ha-1 máximo y 1600 cepas ha-1 mínimo, con rendimientos máximos de 8750 kg ha-1 en todas las variedades. Estos rendimientos son modificados frecuentemente en función de las precipitaciones anuales.

VARIEDADES DE UVA

La elaboración de los vinos protegidos se podrá realizar exclusivamente con uva de las variedades siguientes (vinosdejumilla.org, 2018)

- Tintas: Monastrell, Garnacha Tintorera, Cencibel, Cabernet Sauvignon, Garnacha, Merlot, Syrah y Petit Verdot.
- Blancas: Airén, Macabeo, Pedro Ximénez, Malvasía, Chardonnay, Sauvignon Blanc, Moscatel de grano menudo y Verdejo.

La más importante de todas estas variedades es Monastrell, que abarca el 80% del cultivo total de esta denominación. Este hecho viene impuesto, en parte, por las condiciones climáticas y orográficas y que hacen de esta zona un lugar idóneo para su desarrollo.

FLORA DE LA D.O. JUMILLA

La vegetación natural original de Jumilla, como en el resto de la Península Ibérica, hubo de estar dominada por el encinar, aunque éste en la actualidad se reduce a zonas muy concretas en barrancos y umbrías donde las condiciones hídricas son muy superiores a las que se dan en el resto del término municipal.

La vegetación varía respecto a la zona que se trate siendo el pinar de pino carrasco la formación vegetal más amplia.

En altitudes superiores a 900 m. empieza a aparecer el carrascal de alta montaña que deriva a chaparral y que en las solanas deriva a espartizal junto con romeral.

En alturas inferiores la formación que debería predominar es el chaparral o coscoja, aunque la intensa degradación a la que ha sido sometida, la ha hecho evolucionar a espartizal en las solanas. Este mismo hecho se repite a alturas superiores a 1100 m.

En las sierras del término, el sotobosque que las cubre está formado por enebros, sabinas, romeros, lentiscos, coscojas y carrascas, acebuches, espinos,...

También podemos hablar de una vegetación de matorral característica de alta montaña pudiéndose observar la almohadilla de pastor o cojín de monja, la gayuba o uva del oso, la oreja de liebre, el lentisco, el espliego, el torvisco y el esparto.

En el entorno de las ramblas podremos contemplar la vegetación típica asociada a estos lugares, compuesta principalmente por baladre, cañizo y tarays. Abunda, también, la retama y otros arbustos, como el escobón o la ajedrea, en los campos de cultivo abandonados y en zonas más llanas del municipio. (jumilla.org, 2018)

FAUNA DE LA D.O. JUMILLA

Aunque la fauna de Jumilla no es especialmente rica, si es, sin embargo, muy diversa.

Entre las aves, encuentran condiciones favorables para su presencia, rapaces como el aguilucho cenizo, el halcón peregrino, águila perdicera, el águila real, el cernícalo vulgar, el mochuelo, el búho real, y otros pájaros de pequeño tamaño como el alcaraván, el carbonero común, el colirrojo tizón, o la curruca cabecinegra. De la misma forma, también es abundante la perdiz.

Entre los mamíferos destacan los depredadores de mediano tamaño como la comadreja, el tejón, la garduña, el gato montés, la gineta, aunque el más abundante, sin duda, es el zorro omnipresente en toda la geografía regional. También son abundantes los roedores como la liebre, el conejo o el lirón careto. (jumilla.org, 2018)

CASA CASTILLO

El paraje de Casa Castillo es el que ha sido seleccionado para la elaboración del presente trabajo. En el cual solamente se exponen aquellas acciones, mejoras y planes de acción como medidas de sugerencia para aumentar el nivel de biodiversidad del ecosistema en el que se encuentra.

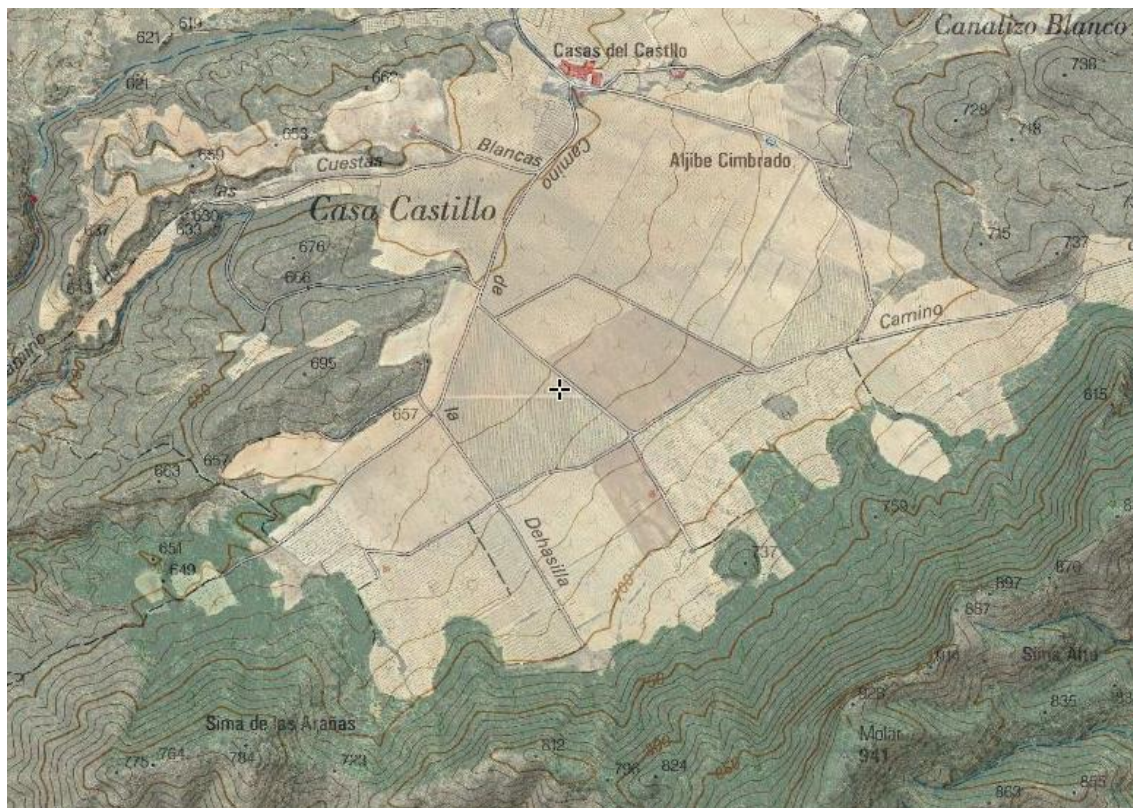


Fig 3: Mapa cartográfico Casa Castillo (sigpac.mapa.es, 2019)

Como se puede observar la finca está integrada en un ecosistema de vegetación, en nuestro caso mediterránea. Así como ya se ha hablado anteriormente de la fauna y flora que posee esta zona. Pues bien, el total de la superficie de extensión que abarca el paraje de Casa Castillo cuenta con 98 ha. Las cuales están repartidas en el cultivo de vid, almedro y olivar. De ésta manera encontramos mayor biodiversidad que si el caso fuera un monocultivo de vid. Partiendo de ésta base, se han elegido ciertas acciones de mejora de la biodiversidad del ecosistema. Intentando, desde un punto de vista ecológico, y respetuoso con el medio ambiente, el favorecimiento de relaciones tróficas entre individuos de diferentes especies, así como el aumento de poblaciones de especies y enemigos naturales.

Gracias a la privilegiada situación del paraje, a los pies de la Sierra del Molar y del Canalizo Blanco, podremos llevar a cabo las acciones necesarias para actuar de puente con respecto a la biodiversidad del ecosistema, en vez de que nuestro cultivo sea una barrera humana frente al paso de la diversidad biológica del entorno.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES DE MEJORA ELEGIDAS PARA LA FINCA

TODO EL AGROECOSISTEMA: CUBIERTAS VEGETALES

El sistema de mantenimiento del suelo con cubierta vegetal consiste en que toda la superficie del viñedo, o parte de ella, permanece protegida con vegetación espontánea o sembrada de forma temporal o permanente.

Las cubiertas vegetales se están extendiendo en cultivos como la vid, almendro, olivar... Son una gran oportunidad para mejorar la calidad de los suelos de las plantaciones, pero su manejo puede ser complicado.

Cómo proteger el suelo de la erosión entre las calles de los cultivos arbolados (olivares, viñedos, almendros, etc) es una de las funciones de las cubiertas vegetales, una de las razones por las cuales se ha elegido el empleo de éste tipo de técnica.

Aunque muchos estudios demuestran la mejora en la calidad de los suelos en los cultivos con el olivar, almendro, e incluso la mejora de la calidad de las uvas en viñedos, en España, solo en un 5% de la superficie de viñedo se cultiva con cubiertas vegetales.

Existen dos tipos principales de cubiertas vegetales:

- **Espontáneas:** consiste en dejar crecer la vegetación de forma espontánea. Las especies que tendremos en nuestras calles serán las propias de la flora silvestre de la zona e irán cambiando en el transcurso de los años.
- **Sembradas:** muchas casas de semilla ofrecen especies específicamente seleccionadas para su siembra entre calles. Además hay mezclas de semillas para que la cubierta se adapte a zonas y manejos concretos. En nuestro caso siempre intentaremos optar por semillas de crucíferas, aprovechando sus ciclos vegetativos de invierno para la implantación de la biofumigación como otra de las técnicas elegidas.

Entre las múltiples ventajas de las cubiertas vegetales, destacaremos en nuestra finca:

- **Son la mejor forma de proteger el suelo:** Las plantas y los restos de vegetación una vez segados forman una capa que protege el suelo de la escorrentía de las lluvias, evitando la aparición de cárcavas y socavones en los campos con pendiente. Muy típicas de la zona de Jumilla, como ya se ha explicado, la formación de Cárcavas por lluvias torrenciales.
- **Mejoran la estabilidad estructural del suelo:** Las cubiertas vegetales protegen el suelo contra la erosión, porque impiden el golpe directo de la lluvia; mejoran la infiltración, actúan como barrera contra la escorrentía, y sujetan la tierra con las raíces. Además la existencia de especies con diferentes sistemas radiculares hace que las raíces penetren el subsuelo compactado favoreciendo la formación de macroporos.
- **Mejoran el balance hídrico:** Ya que mejoran el almacenamiento de agua en el suelo, al aumentar la infiltración y disminuir la evaporación del agua que se encuentra bajo la

cubierta en las épocas más calurosas. La falta de cubierta vegetal aumenta la insolación sobre el suelo facilitando la pérdida de agua. Un terreno desprovisto de vegetación está expuesto de forma directa al sol, aumentando su temperatura, produciendo la evaporación del agua que contiene, la formación de grietas de desecación en las arcillas y su endurecimiento. En el caso de nuestra finca, la insolación es un factor diario, ya que nos encontramos ante un clima mediterráneo con grandes cantidades de horas de sol al día.

- **Control de plagas y enfermedades:** Realizar un buen manejo de la cubierta vegetal también tiene un efecto beneficioso sobre el control de plagas y enfermedades ya que el aumento de biodiversidad vegetal conlleva una mayor diversidad de alimento y microhabitats que favorecen el aumento de enemigos naturales.
- **Mejoran la calidad del suelo:** los restos orgánicos (hojas, tallos y raíces de las plantas), son una fuente de alimento que estimulan la fauna microbiana del suelo, e incrementan sus niveles de materia orgánica y su biodiversidad.
- **Facilitan los trabajos después de las lluvias:** cuando hay que entrar en la parcela para los trabajos de poda, recolección de aceitunas, etc... trabajos que se hacen en los meses más lluviosos del año, la cubierta vegetal facilita la infiltración y drenaje del agua, con lo que después de unas horas ya se puede entrar a la parcela para trabajar.
- **Suponen un ahorro de combustible:** Si se deja una cubierta vegetal se ahorrará el combustible utilizado para el laboreo del suelo en un estilo de agricultura convencional.
- **Control del rendimiento del cultivo.**
- **Control del vigor del cultivo.**
- **Ahorro en el consumo de agua.**
- **Mayor sanidad de cosecha.**
- **Activación de la vida microbiana del suelo.**
- **Aumento de la biodiversidad.**

Hacer el cambio del laboreo a las cubiertas vegetales, implica un cambio importante en el manejo de las calles del cultivo, puesto que también requieren de un mantenimiento (siembras, siegas, etc). Nuestra agricultura se basa en el laboreo constante, y a veces se practica por rutina lo que se ha hecho toda la vida, de esta manera, conseguiremos cambiar la mentalidad de agricultura convencional por aquel respeto a la biodiversidad y enriquecimiento de nuestra parcela en cuanto a aspectos biológicos, físicos y químicos.

El suelo es un recurso no renovable que todos los agricultores deben tratar con el máximo cuidado, por esto las cubiertas vegetales son una excelente opción que nos permiten reducir la

erosión de los suelos, mejoran su calidad y nos garantizarán poder seguir cultivando en el futuro.

Realizaremos en todo el agroecosistema una implantación de cubiertas vegetales, con los fines nombrados anteriormente.

PARCELA 1: VEGETACIÓN DE LOS BORDES

En cuanto al siguiente método de mejora de la biodiversidad, las fincas y parcelas agrarias se deben delimitar respetando la vegetación natural, permitiendo existencia de arbustos y árboles en sus márgenes. Es de vital importancia reincorporar, en la mayor medida posible, estos setos en el paisaje vitícola para favorecer la conservación de la biodiversidad y aportar beneficios medioambientales y económicos al agroecosistema en general y al viñedo en particular.

La fragmentación de hábitats origina profundos cambios en los procesos ecológicos; uno de estos cambios es el efecto de borde, el cual consiste en la generación de microclimas variables y de condiciones edáficas dinámicas, ambos determinados por la transición entre el bosque nativo y la comunidad vegetal inducida adyacente. El objetivo es analizar esta interfase, frecuentemente abrupta, entre dos tipos de comunidad y así comprender los ejes rectores del efecto de borde y sus principales relaciones causales. Esto con el fin de poder facilitar el establecimiento de plántulas, para incrementar el área de los fragmentos de vegetación, unir los remanentes de bosque y así favorecer el mantenimiento y conservación de ecosistemas. La distancia del efecto de borde varía en función de factores como: tipo de vegetación nativa, especies dominantes en el borde, área del fragmento, orientación, posición topográfica, nivel de perturbación, altitud, precipitación y fertilidad del suelo, principalmente. El efecto de borde se expresa esencialmente en la generación de micrositios favorables para el establecimiento vegetal, de especies persistentes (tolerantes a la sombra) cerca del borde y de especies pioneras más allá de la influencia directa del borde. Se concluye que este efecto es una condición que favorece la ampliación de los fragmentos del bosque y es una herramienta que puede ser utilizada para la restauración de ecosistemas deteriorados. (Peña-Becerril, 2005)

En cuanto a la vegetación de los bordes, incluiremos en nuestra finca, vegetación entre parcelas. De esta manera, nos aseguramos el intercambio y la conectividad de biodiversidad entre las sierras adyacentes y nuestra finca.

Así pues, la parcela denominada Aljibe Cimbrado, con una extensión de 20 ha, será comunicada (con setos en los bordes de la parcela) con la Sierra del Molar.

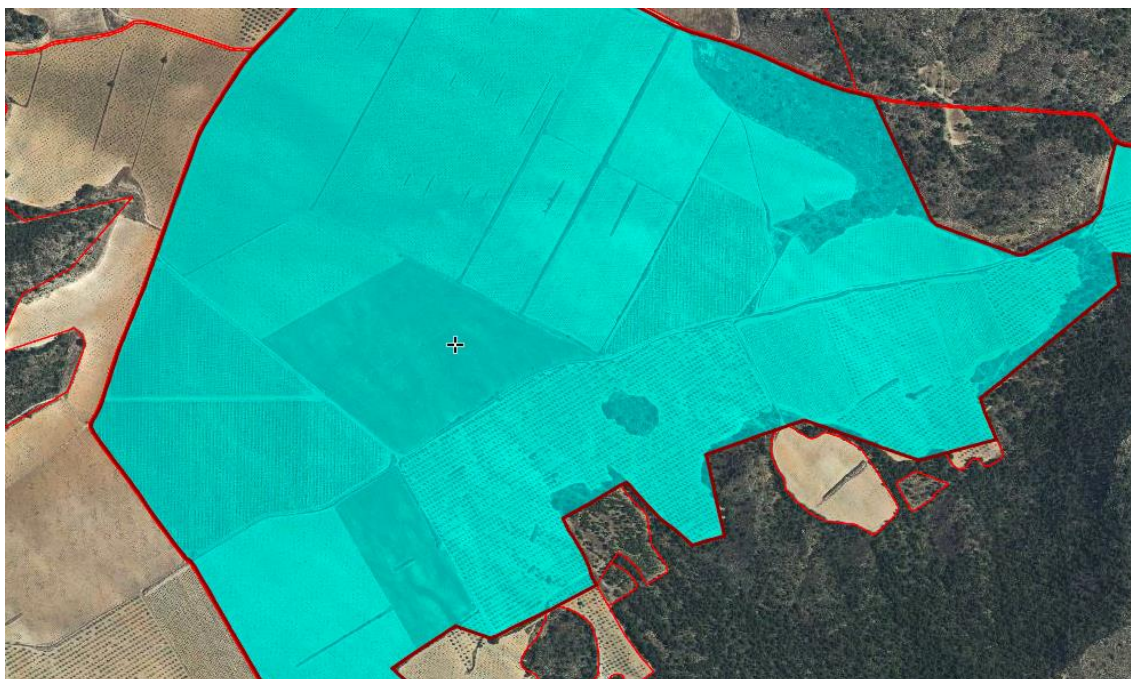


Fig 4: Parcela 1 seleccionada para implantar vegetación en los bordes (alrededor de lo seleccionado) (sigpac.mapa.es, 2019)

Observamos como la parcela está en contacto directo con los pies de la Sierra del Molar. Una de las maneras de aprovechar esto, es la colocación de setos en los bordes que conecten la diversidad de especies del ecosistema en el que nos encontramos, favoreciendo la biodiversidad de nuestro cultivo.

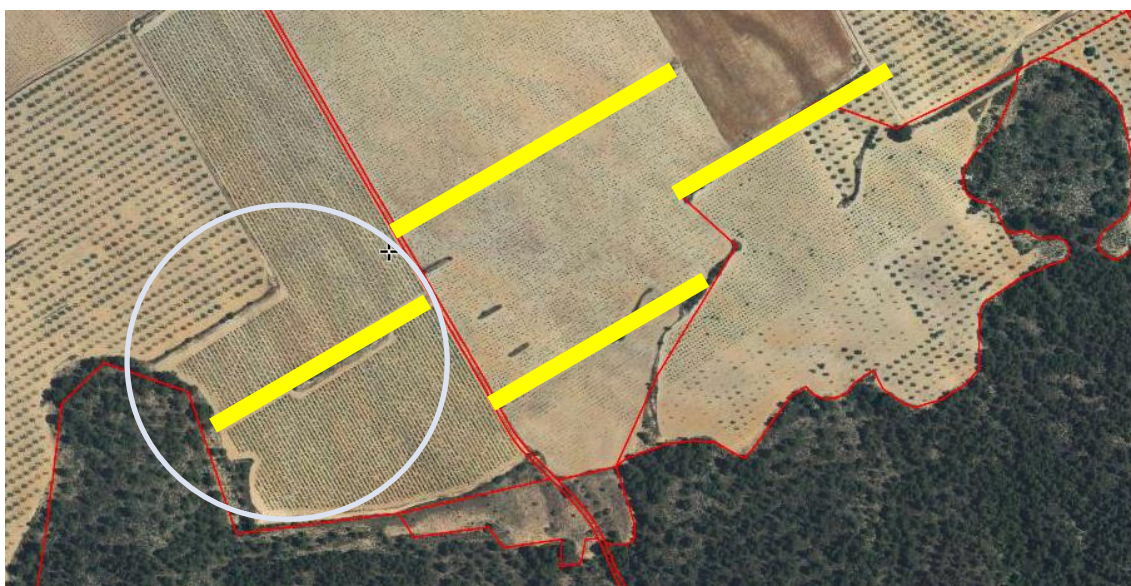


Fig 5: Ampliación de la zona concreta para utilizar vegetación en borde (amarillo) con fines de unión entre la Sierra del Molar y la finca (sigpac.mapa.es, 2019)

Pues bien, además de establecer nuevas plantaciones de vegetación en los bordes, utilizaremos aquellos cercos correderos que existen ya en algunas parcelas (como es el caso de la imagen X) para poder ejercer de corredores biológicos.

Debemos tener en cuenta el tipo de vegetación nativa, y a partir de ello, encontrar las especies que se adapten mejor a esta vegetación nativa. Incorporando siempre especies locales o similares a la adaptación y mantenimiento de biodiversidad.

Por ello, se recomienda el uso para la vegetación en los bordes de: espliego (*Lavandula angustifolia*), Torvisco (*Daphne gnidium*), Balagre (*Nerium oleander*), Romero (*Rosmarinus officinalis*) o Coscoja (*Quercus coccifera*) como especies autóctonas y bien adaptadas al ecosistema actual en la Sierra del Molar.



Fig 6: *Lavandula angustifolia* utilizada para vegetación en los bordes



Fig 7: *Daphne gnidium* utilizada para vegetación en los bordes

El uso de especies autóctonas nos asegura su establecimiento como setos con éxito. Al tratarse de especies que se encuentran espontáneamente en los alrededores de la finca nos da una señal de que su mantenimiento como seto será mínimo y no tendremos costes por establecimiento y control del seto, simplemente por la colocación de los mismos en nuestras parcelas.

Además, al tratarse de especies con flor, nos asegura mayor biodiversidad al atraer insectos y todo tipo de fauna, sirviendo como refugio para todo tipo de especies desde insectos hasta roedores, pasando por reptiles.

Por último, como si de una cubierta vegetal propiamente dicha se tratase, los setos nos ayudan en aquellas labores en que las cubiertas intervienen, como por ejemplo, aumento de materia orgánica, disminución de la erosión, aumento de la biodiversidad del ecosistema, etc. Entre ellas, encontramos funciones nuevas como:

- Incremento diversidad faunística.
- Estructuración del paisaje.
- Mejora de la estética.
- Construcción de corredores biológicos.
- Establecimiento de zonas de transición entre ecosistemas.
- Mejora de la gestión de plagas.
- Cortavientos.
- Reducción erosión hídrica e hidráulica.
- Posibilidad de desarrollo de enemigos naturales de las plagas.

PARCELA 2: MURETES DE PIEDRA

Pequeñas construcciones de piedra que forman uno o varios muros en los márgenes de las parcelas de la finca, en nuestro caso servirá como intermediario entre dos parcelas, las cuales un camino supone el cambio entre características del suelo de manera radical. Pues bien, gracias a la construcción de estos muros de piedra podremos estructurar el ecosistema, los apilamientos de piedra natural añaden estructura y una sensación de permanencia de un paisaje.

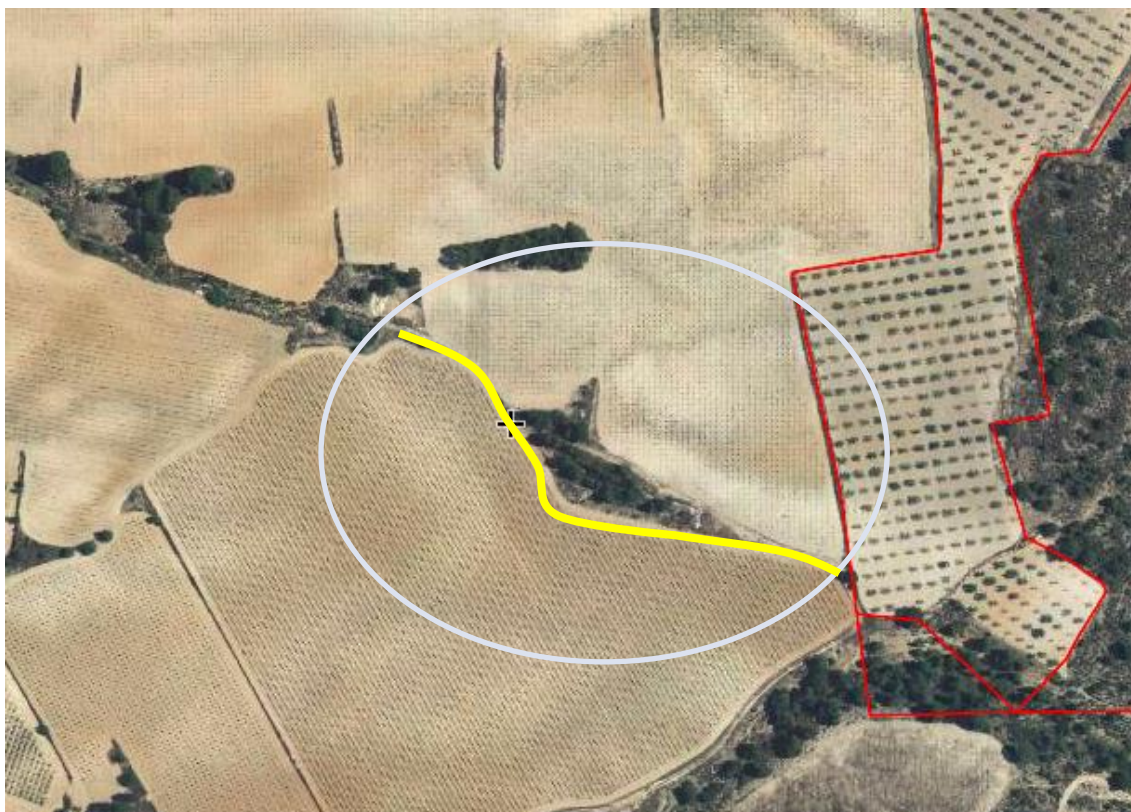


Fig 8: Ampliación de la parcela 2, donde se colocarán muretes de piedra (amarillo) (sigpac.mapa.es, 2019)

Como se observa en la figura 8, entre las parcelas existe un corredor biológico natural, nosotros ayudaremos a ésta labor natural, construyendo un murete de piedra natural entre las parcelas. Esto nos ayudará a:

- Creación de refugios y lugares de cría y caza para numerosas especies faunísticas: la riqueza faunística de una zona está directamente ligada a la diversidad de nichos.
- Sustrato esencial para el desarrollo de algunas especies florísticas: son el hábitat de numerosas especies de musgos, helechos, líquenes y plantas superiores.
- Prevención de incendios: actúan de cortafuegos frente a posibles incendios.
- Cortavientos: constituyen una barrera protectora contra el viento.
- Estructuración de las parcelas.
- Establecimiento de zona de transición entre las parcelas.
- Mejora la estética.
- Ayuda de corredor biológico.

Además, cabe destacar que la zona de Jumilla es muy rica en piedra calcárea, de la cual se extraen a través de las canteras, grandes cantidades de ésta piedra. Así pues, siguiendo desde

un punto de vista ecológico, las piedras utilizadas para los muretes pueden provenir de los desfondes que realicen en las parcelas inutilizadas y que se preparan para su plantación, de las cuales se extraen toneladas de piedra. De esta manera, favoreceremos la materia prima autóctona una vez más.

PARCELAS 3 Y 4: MANEJO ZONAS NO PRODUCTIVAS

Esta acción de conservación consiste en mantener sin laboreo el suelo de determinadas parcelas que se encuentran sin cultivar. Por suerte, en la finca estudio del trabajo, encontramos varias parcelas en las cuales no existe ningún tipo de cultivo implantado. Gracias a esto, podemos manejar estas zonas no productivas sin laboreo o incluso implantando ciertas especies que puedan ser beneficiosas para el incremento de la biodiversidad en la finca.

El manejo de estas zonas no productivas posee varias ventajas para nuestra finca:

- Reducción de la erosión: ejerce un papel importante sobre todo en zonas de pendiente. Reducen también la escorrentía. Pape bastante interesante en nuestro paraje, ya que como hemos observado anteriormente, las lluvias que se dan en Jumilla, muchas veces son torrenciales, por tanto, producen cierta escorrentía ocasional. Gracias al manejo de éstas zonas, podremos evitarlo, evitando el lavado de las parcelas circundantes.
- Contribuyen a preservar la fauna autóctona: constituyen el hábitat de numerosas especies de fauna, sobre todo de insectos y otros invertebrados. Son también el hábitat de numerosos especies de enemigos naturales de las plagas.
- Creación de áreas de movilidad de artrópodos entre diferentes hábitats: mantienen la conectividad entre los ecosistemas naturales a través de la superficie del cultivo, permitiendo el flujo de las especies. Así, mejoraremos el aumento de la biodiversidad esperado en nuestra finca.



Fig 9: ParcelaS 3 Y 4 (azul) donde se manejarán zonas no productivas (sigpac.mapa.es, 2019)

Como se observa en la figura 9, estas dos parcelas “contiguas” se encuentran en estado de no producción. Además de las ventajas que nos ofrece el manejo de estas zonas no productivas, aquí poseemos una ventaja especial, se encuentra cerca del sotobosque de la Sierra del Molar, poseyendo corredores naturales de vegetación que actúan de conexión para las relaciones tróficas del ecosistema.

Además de los factores que se acaban de explicar, aprovecharemos éstas zonas no productivas para utilizar una técnica ya mostrada, la biofumigación. Pues nos beneficiaremos del cultivo de ciertas especies como la *Sinapis Arvensis* para poder utilizar más tarde la técnica de biofumigación. Eliminando así los patógenos del suelo y preparando el suelo para su posterior plantación. Mientras tanto, estas zonas nos servirán de unión o nexo entre el ecosistema, aumento de materia orgánica y reducción de la erosión, entre otras muchas cosas.



Fig 10: Sinapis arvensis utilizada para cultivar en las parcelas no productivas

TODO EL AGROECOSISTEMA: CONFUSIÓN SEXUAL

Esta técnica consiste en el empleo de feromonas para el control de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*). La confusión sexual es un método de control de plagas que consiste en bloquear la comunicación entre los insectos macho y hembra mediante la saturación del medio con feromona sexual femenina por medio de la colocación de difusores en los cultivos. De esta manera se confunde al macho durante el vuelo, dificultándole la localización de la hembra y su posterior acoplamiento. Con ello, se consigue que disminuya drásticamente el número de hembras fecundadas y, por lo tanto, disminuya la densidad de población de la plaga en la generación siguiente.

Las ventajas que conlleva el uso de la confusión sexual son:

- Reducción de la plaga por debajo de su umbral económico de daños.
- Reducción en el empleo de plaguicidas.
- Disminución del riesgo de aparición de resistencias a plaguicidas.
- Eficacia comprobada.
- Elevada especificidad.
- Facilidad en la aplicación sin riesgos.
- La plaga no desarrolla resistencias.
- No deja residuos en las plantas.

- Preservación de la fauna auxiliar (especialmente enemigos naturales).
- Disminución de la contaminación.
- Aumento de su efectividad con el tiempo.

En nuestro caso, se utilizará una nueva tecnología en el empleo de difusores. Pues existen difusores eléctricos, los cuales son automáticos y regulan el tiempo y cantidad de feromona sexual femenina a difundir. Gracias a estos difusores podremos regular las poblaciones de polilla del racimo de una manera más eficaz y con menor número de costes.

Nos encontramos ante un paraje sin vecindario, lo que nos ayuda a que el ambiente esté saturado de feromonas continuamente. Además, su ubicación estratégica a los pies de dos sierras montañosas, nos permiten una mayor facilidad para el control de estas feromonas. Usaremos trampas de seguimiento por todo el paraje para monitorizar los adultos de *Lobesia botrana*.

CHECKMATE PUFFER

Es la marca registrada de la tecnología de aerosoles para el control de la polilla, pues en la ficha técnica se encuentra información sobre su uso. Como por ejemplo:

- Las trampas de monitoreo deben colocarse en campo antes del primer vuelo y examinarse preferentemente con frecuencia semanal.
- Realizar los cambios de láminas pegajosas y atrayentes con la periodicidad adecuada.
- Complemente siempre el monitoreo mediante trampas con prospecciones directas de daño en cultivo.
- Plazo de seguridad con intervalos pre-cosecha de 0 días.
- Entrada al campo sin restricción.
- Usar los productos de control de plagas de manera segura.
- Colocar el aerosol en la zona más alta de la planta o por encima de ella.
- Mantener la parte frontal del aerosol libre de vegetación para optimizar la dispersión de la feromona.

PARCELAS 3 Y 4: BIOFUMIGACIÓN

La biofumigación es una de las técnicas explicadas contra la reducción de la fatiga del suelo. Pues bien, nos encontramos ante una finca que se ha dedicado al cultivo de vid, olivo y almendro en modo de agricultura convencional.

En agricultura ecológica resulta necesario disponer de métodos correctores. Es ésta una de las razones fundamentales por las cuales la biofumigación resulta interesante. De todas maneras, ningún método de desinfección biológica del suelo tiene que ser considerado como la solución a las causas de los problemas y la mejor opción es el manejo integral de los cultivos y del agroecosistema en general.

De esta manera, utilizaremos aquellas parcelas que no productivas pero con fines futuros de explotación para la utilización de esta técnica, con los objetivos de eliminar los patógenos del suelo y preparar el suelo para una producción de cultivo de vid óptima.

TODO EL AGROECOSISTEMA: ENMIENDA ORGÁNICA

La materia orgánica ejerce sobre el suelo un papel fundamental, ya que influye en las características físicas, químicas y biológicas del suelo de diferentes maneras:

Características físicas

- Aumento de la capacidad calorífica.
- Reducción de las oscilaciones térmicas.
- Incrementa la estabilidad de la estructura del suelo y mejor el laboreo.
- Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa.
- Reduce la erosión.
- Reduce el efecto de la compactación.
- Reduce la evaporación.
- Mejora el balance hídrico.
- Facilita el drenaje y su capacidad de retención hídrica.
- Reduce los riesgos de encharcamiento del suelo.

Características químicas:

- Regula el pH.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC).
- Mantiene cationes de forma cambiante.
- Mantiene las reservas de nitrógeno.
- Aumento del poder tampón.

Características biológicas:

- Favorece la respiración radicular.
- Favorece la germinación de semillas.
- Favorece el estado sanitario de órganos subterráneos.
- Regula la actividad microbiana.
- Supone una fuente de energía para los microorganismos heterótrofos.
- Mejora la nutrición de los cultivos.
- Activa la rizogénesis.

Los niveles mínimos aceptables para garantizar la fertilidad de los suelos cultivados en secano y en regadío son 1,5% y 2%, respectivamente.

El suelo de la parcela objeto del trabajo, que va a ser cultivada en secano, presenta un contenido de materia orgánica del 1,70% por lo que no será necesario una enmienda de fondo para alcanzar los niveles mínimos, pero por cuestiones de aumento de las mejoras de

características tanto físicas, químicas y biológicas, sería necesario realizar una enmienda de fondo para alcanzar el 2%.

VELOCIDAD DE HUMIFICACIÓN

Sin embargo, más importante que el contenido de materia orgánica, es la velocidad con que ésta evoluciona y el equilibrio al que tienden los suelos cultivados, como consecuencia de la humificación y mineralización de esta. Debe tenerse presente que los buenos suelos agrícolas humifican y mineralizan la materia orgánica con alta velocidad, mientras que, en determinadas ocasiones, la materia orgánica se acumula llegando a alcanzar, incluso niveles muy elevados sin que los suelos sean aptos para el cultivo (pantanos, turberas...)

La velocidad con que se produce la humificación de los residuos orgánicos depende de los siguientes factores:

- **Naturaleza del residuo:** en el material originario pueden existir componentes de difícil degradación como ligninas, taninos, resinas, quitina o queratina. Cuanto más lignificados estén los residuos vegetales aportados como enmienda más lenta y difícil será su humificación.
- **Contenido en humedad:** la multiplicación microbiana exige la presencia de agua que debe encontrarse en el propio residuo o en el suelo.
- **Aireación:** la flora microbiana aerobia es la que presenta mayor actividad, ya que la humificación es incompleta y muy lenta en condiciones de anaerobiosis. Por lo tanto prácticas como el laboreo del suelo o su drenaje, así como la disgregación de los montones de estiércol, activan la descomposición de las materias orgánicas.
- **Temperatura:** a partir de 5 °C la actividad de los microorganismos aumenta y la humificación de los residuos orgánicos es más intensa al elevarse la temperatura. Sin embargo, una vez superados los 35-40 °C, la oxidación de los compuestos carbonados y la pérdida de nitrógeno es tan intensa que se reduce el valor fertilizante del humus que se forma a estas temperaturas.
- **Contenido en elementos minerales:** la multiplicación microbiana exige la utilización de elementos minerales: nitrógeno, fósforo, azufre, calcio... De todos ellos, el nitrógeno es el que juega un papel más importante en el proceso de humificación de los residuos orgánicos.
- **Condiciones del suelo (pH y salinidad):** la acción microbiana óptima se produce con un intervalo de pH de entre 6 y 7,2.

ELECCIÓN DEL TIPO DE ENMIENDA ORGÁNICA

De acuerdo con sus características, propiedades y condiciones de empleo, los productos utilizados habitualmente como fertilizantes orgánicos pueden incluirse en los siguientes grupos:

- **Grupo de los estiércoles:** estiércol natural o de cuadra, estiércol artificial, estiércol licuado, purín, gallinaza, palomina, sirle ...
- **Grupo de residuos vegetales propios de la explotación:** enterramiento de pajas, abonos verdes, restos de cosechas, sarmientos, orujos, basuras...
- **Grupo de residuos ajenos a la explotación:** turbas, basuras de población frescas, basura compostizada, fertilizantes orgánicos comerciales...

La elección de la enmienda orgánica se basa en criterios económicos y edafológicos. En este caso se ha decidido utilizar estiércol natural, ya que será económico y fácil de adquirir, al encontrarse la explotación en una zona ganadera y contar con algún pastor local amigo. Lo cual asegura que su ganado ha pastado por el ámbito biológico natural de la zona de Jumilla.

El estiércol natural o de cuadra está formado por las deyecciones sólidas y líquidas del ganado, mezcladas con los materiales que les sirven de cama.

Este tipo de enmienda satisfará completamente las necesidades de materia orgánica del suelo y además aportará cierta cantidad de nutrientes minerales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio y de oligoelementos como el manganeso, el cinc, el boro, el cobre o el cobalto.

El estiércol escogido es el de **ganado ovino** que presenta un coeficiente isohúmico de 0,5.

BALANCE MATERIA ORGÁNICA

El nivel de materia orgánica del suelo de la parcela es del 1,77 %, por lo que será necesario realizar tanto una enmienda de corrección para alcanzar un 2 % de materia orgánica, como una enmienda de mantenimiento para conservar el nivel alcanzado.

Para calcular los aportes necesarios de estiércol debemos de tener en cuenta los siguientes datos:

- **Densidad aparente:** 1,12 t/m³
- **Velocidad de mineralización:** 1 %
- **Profundidad de trabajo:** 0,3 m
- **Contenido en materia seca:** 0,354
- **Valor isohúmico:** 0,5

CÁLCULOS ENMIENDA ORGÁNICA DE CORRECCIÓN

$$\text{CONTENIDO EN HUMUS} = 10000 \frac{\text{m}^2}{\text{ha}} \times \rho \times da \times \frac{mo}{100}$$

$$\text{CONTENIDO HUMUS INICIAL (1,7\%)} = 10000 \frac{\text{m}^2}{\text{ha}} \times 0,3 \text{ m} \times 1,12 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \times \frac{1,70}{100} = 57,12 \text{ t humus/ha}$$

$$\text{CONTENIDO HUMUS FINAL (2\%)} = 10000 \frac{m^2}{ha} \times 0,3 m \times 1,12 \frac{t}{m^3} \times \frac{2,0}{100} = \mathbf{67,2 t \text{ humus/ha}}$$

CANTIDAD HUMUS A APORTAR EN LA ENMIENDA DE CORRECCIÓN

$$\text{Contenido en humus}_f - \text{contenido en humus}_o = 67,72 - 57,12 = \mathbf{10,6 t \text{ humus/ha}}$$

El valor húmico para un estiércol bien descompuesto se estima en el 10% de su peso fresco; es decir, una tonelada de estiércol fresco genera 100 kg de humus. El coeficiente isohúmico se estima entre 0,4-0,5. Por lo tanto, a partir de estos datos, podemos calcular la cantidad de estiércol necesaria para una enmienda de corrección en nuestra parcela:

$$10,6 \frac{t \text{ humus}}{ha} \times 10 = \mathbf{106 t \text{ de estiércol/ha}}$$

Aunque la cantidad de estiércol a aportar no es excesivamente elevada, no se puede aplicar de una sola vez. El aporte de enmienda orgánica de corrección se reducirá a 20 t de estiércol/ha y año, que serán perfectamente asimilables por el suelo en ese periodo de tiempo.

$$106 \frac{t \text{ estiércol}}{ha} \div 20 \frac{t \text{ estiércol}}{ha \times \text{año}} = \mathbf{5,3 \text{ años}}$$

CONCLUSIONES

A día de hoy, existe la necesidad ineludible de poner en práctica estrategias que resuelvan de un modo sostenible los problemas derivados de la práctica agrícola convencional. La elevada vulnerabilidad de los cultivos a las plagas en la mayoría de los agroecosistemas actuales es uno de esos problemas. Es importante que científicos, técnicos y agricultores admitan la importancia que el fenómeno de la biodiversidad de los agroecosistemas puede llegar a tener en la resolución de este problema en un contexto de sostenibilidad. Existen diversas medidas que, sin comprometer la producción y a un coste razonable, pueden ser aplicadas para restaurar la diversidad de dichos agroecosistemas. Con ello se conseguiría, entre otras cosas, una reducción del impacto de las plagas al fomentar la presencia del servicio ecosistémico generado por el grupo funcional de sus enemigos naturales. Además de un aumento entre las relaciones tróficas de los individuos y las especies de un agroecosistema, mejorando la vida biológica del mismo y permitiendo la convivencia y mejor sostenibilidad. Pues debemos tener en cuenta, que un agroecosistema es un sistema de entradas y salidas de materia orgánica como de energía, tenemos la función de aprovecharnos de las facilidades que nos ofrece un agroecosistema. Pero al mismo tiempo debemos ser conscientes que deben mantenerse iguales tanto las entradas como las salidas, así pues, un agroecosistema en el cual superen las salidas a las entradas, estará en desequilibrio y evocará a su agotamiento como recurso útil para el ser humano.

En nuestro caso, el paraje Casa Castillo ha estado ligado siempre a una agricultura convencional, pues gracias a esta serie de medidas recomendatorias ayudaremos a aumentar su sostenibilidad. Es una pena que se haya llevado a cabo en Casa Castillo una agricultura tan drástica, pues se encuentra situada en una zona privilegiada, un entorno natural rodeado de fauna y flora autóctona de la zona. Además el paraje sirve de nexo entre la Sierra del Molar y los diferentes agroecosistemas, cosa que debemos saber aprovechar para aumentar la biodiversidad y hacer de la agricultura una actividad un poco más sostenible para el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Atlas Global de la Región de Murcia. (2001).

Campano Azorín, L. F. (2009). *Atlas de los paisajes de la Región de Murcia.* Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio.

Duchaufour, P. (2001). *Introduction à la science du sol.*

el Segura, C. H. (2007). *Estudio general sobre la demarcación hidrográfica del Segura.* Murcia: Confederación Hidrográfica del Segura.

Foth, H. y. (1997). *Fertilidad del suelo.*

- Gil, A. M. (1991). *El medio físico y la presa de Román (Jumilla): un emplazamiento favorable*. Jumilla: nvestigaciones Geográficas (Esp).
- jumilla.org. (2018).
- Kjaer. (1976). A. Bello et al.
- Llobregat, A. I. (s.f.). La Biofumigación. Metodo biológico de control de patógenos del suelo. PAE.
- Martínez, Y. G. (2016). Control biológico por conservación: fomento de la biodiversidad funcional en los agroecosistemas. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, 66-67.
- Michel, V. A. (2007). La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies du sol. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture*, 145-150.
- Mitchell, E. A. (2003). Structure of microbial communities in Sphagnum peatlands and effect of atmospheric carbon dioxide enrichment. *Microbial ecology*.
- Morra, B. i. (1997). A. Bello et al.
- Pardo, F. (1996). *Viñas, bodegas y vinos*. Jumilla: Ed. Pardo F., Murcia, España.
- Peña-Becerril, J. C.-A.-S.-A. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 91-98.
- Porta Casanellas, J. &.-A. (2008). *Introduccion a la Edafologia uso y protección del suelo*.
- Porta Casanellas, J. L.-A. (2014). *Edafología: uso y protección de suelos*. Mundi-Prensa,.
- Porta, J. L.-A. (2005). *Agenda de campo de suelos*. Madrid, ES: Ediciones Mundi-Prensa.
- sigpac.mapa.es. (2019).
- Thomas. (1997). A. Bello et al.
- vinosdejumilla.org. (2018).
- Vlaeminck, S. T. (2010). El tamaño y la arquitectura del agregado determinan el equilibrio de la actividad microbiana para la nitratación parcial en una etapa y el anammox.